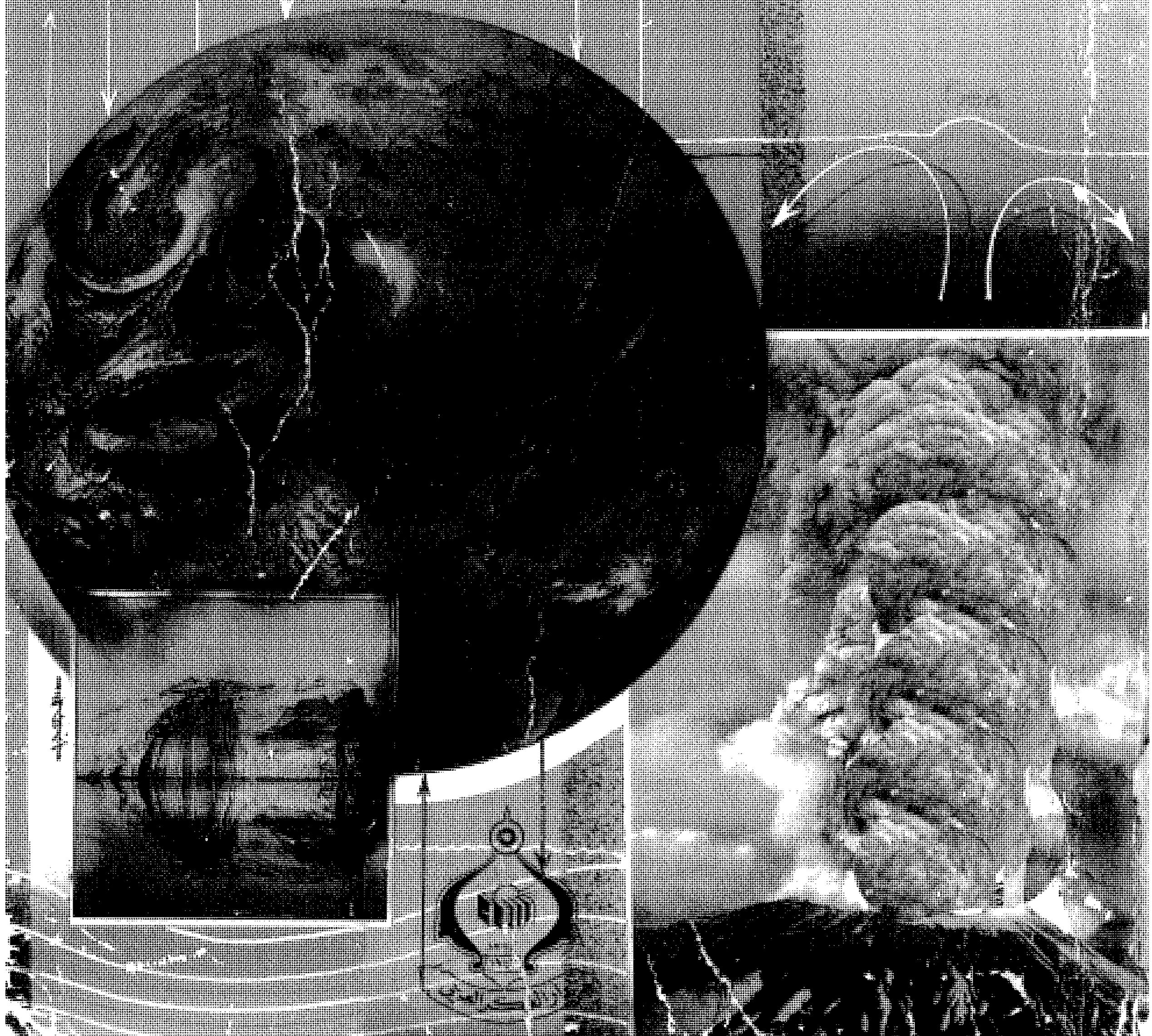
الدكتور محمد صبري محسوب

الجغرافيا الطبيعية

أسس ومفاهيم حديثة



الجغرافيا الطبيعية

أسس ومفاهيم حديثة

الدكتور محمد صبرى محسوب سليم
أستاذ الجغرافيا الطبيعية بكلية الآداب
جامعة القاهرة

١٤١٦ هـ / ١٩٩٦ م

ملتزم الطبع والنشر
دار الفكر العربى
٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر
ت : ٢٧٥٢٩٨٤ فاكس ٢٧٥٢٧٣٥

أميرة للطباعة عابدين - ت : ٣٩١٥٨١٧

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

يتناول هذا الكتاب الجوانب الجغـرافية الطبيعية بالدراسة الوصفـية التحليلية المدعومة بوسائل المعالجة الحديثة.

وكان السبب فى تأليف هذا الكتاب بـهذا الشكل، ما لمسه المؤلف من نقص واضح فى المكتبـة الجغرافية العـربية فى مثل هذه النوعيـة من الدراسة التى تعطى طالب الجغرافيا أسسا علمـية متقدمة فى مجال الجغرافيا الطبيـعية يبنى عليها قدراته العلمية فى دراسته المتخصصة فى كل المجالات الجغرافية الطبيعية.

وينقسم هذا الكتاب إلـى ستة فصول: يتضـمن الأول منها ـ معالجة مـفهوم الطاقة والنظام وأهمـية دراستهما بالـنسبة للجغرافـيا الطبيعيـة، مع تأكيد ذلك من خـلال عرض أمـثلة لأشكال تحـول الطاقـة والأنواع منهـا التى ترتبط بالعـمليـات الطبيعية فى الجغرافيا، وكذلك يهـتم هذا الفصل بتحديد مفاهيم النظم.وخصائصها وأنواعها مع الإشارة إلى أمثلة من النظم الجغرافية الطبيعية.

ويتناول الفـصل الثانى ـ دراسـة الغـلاف الغازى من خـلال دراسة تركـيب الأرض الداخلى ودراسـة صخـور القشـرة الأرضية بـأنواعهـا المختلفـة ومعـالجة الحركات التكتونية من حـيث طبيعتها وأسبابها والظاهـرات الناتجة عنها مع الاهتمام بدراسة نظرية الألواح التكتونية لما لها من أهمية فى تفسير العديد من أشكال سطح الأرض البنائية.

ويعالج المؤلف فى الفصل الثالث ـ عوامل تشكيل سطح الأرض والعمليات المرتبطة بها والأشكال الناتجة عنها مثل : التجوية والعمليات المرتبطة بتطور السفوح والأنهار وعملها الجيومورفولـوجى، والعمليات الهوائية وما يرتبط بها من أشكال،

ثم ينتهى هذا الفصل بدراسة النظام الساحلى وعوامل التشكيل داخله وأهم الظاهرات به.

ويتناول الفصل الرابع - الغلاف الغازى من خلال دراسة مكونات الغلاف الغازى وتركيبه ودراسة ميزان الطاقة الأرضية وانتقال الحرارة من خط الاستواء إلى القطبين، وعلاقة اليابس والماء بالطاقة الإشعاعية، وأثر الإنسان على الميزان الحرارى، ودراسة الرطوبة فى الجو والرياح وما يرتبط بها من ظاهرات جوية وينتهى بدراسة مناخ العالم.

ويتناول الفصل الخامس - دراسة الغلاف المائى فى كل من المحيطات والغطاءات الجليدية والمياه الجوفية.

أما الفصل السادس والأخير من هذا الكتاب - فيتناول بالدراسة الغلاف الحيوى من خلال تعريفه ودراسة تفصيلية نوعا ما لعناصره الرئيسية فى دوراتها بسطح الأرض، وهى الكربون والماء والأكسوجين، ويتناول أيضا بالدراسة نظم البيئة Ecosystems من حيث مفهومها وضوابطها، وخصائصها من حيث الشكل والتنوع فى عناصرها الحيوية. وينتهى هذا الفصل بدراسة تفصيلية لكل من التربة والنبات باعتبارهما العناصر الرئيسية فى النظم البيئية الطبيعية.

ويتضمن الكتاب عددا من الخرائط والأشكال يزيد على أربعين شكلا وخريطة قام برسم العدد الأكبر منها مشكورا الخطاط / عصمت النقيب.

كما تمت إضافة قائمة بمصطلحات فى الجغرافيا الطبيعية وبعض المقاييس والمعلومات الهامة فى آخر الكتاب.

ويأمل المؤلف أن يكون بهذا العمل قد أضاف شيئا ذا قيمة إلى المكتبة الجغرافية العربية.

والله ولى التوفيق

المؤلف

فهرس الموضوعات

الموضوع	الصفحة

الفصل الخامس
الغلاف المائى (مقدمة)

الفصل السادس
الغلاف الحيوى (البيوسفير)

فهرس الخرائط والأشكال

فهرس الجداول

الجدول	الصفحة

فهرس الصور

الصورة	الصفحة

الفصل الأول

الطاقة والنظم

فى

الجغرافيا الطبيعية

أولا : الطاقة والجغرافيا الطبيعية

مفهوم الطاقة والجغرافيا الطبيعية

توجد عدة أنواع من الطاقة، منها ستة أنواع هامة بالنسبة للدراسات الجغرافية الطبيعية التى تتناول البيئة الطبيعية وخاصة الجوانب منها التى تؤثر على الإنسان وتتأثر بتطور المجتمعات البشرية وأنشطتها المختلفة.

من المعروف أن البيئة الطبيعية تتأثر بالتغيرات خلال الزمن، ومعظم هذه التغيرات تأتى بفعل عوامل وعمليات طبيعية، وبعضها يأتى بسبب التدخلات البشرية المباشرة وغير المباشرة.

ويعنى التغير البيئى سواء بفعل العمليات الطبيعية أو الإنسان تحولا فى الطاقة energy من شكل إلى آخر. ومن ثم فإنه لابد لكى نفهم المضمون الحديث للجغرافيا الطبيعية والنظم البيئية المختلفة أن نلم ببعض خصائص الطاقة وأشكالها المختلفة فى البيئة.

والطاقة ليست شيئا ماديا ولكنها مفهوم concept تطور على يد العلماء لعدة قرون مضت، وذلك من أجل فهم التغيرات الطبيعية والكيماوية التى تحدث في الطبيعة.

أ - أنواع الطاقة : أهم أنواع الطاقة التى تهم الجغرافيا الطبيعية كالآتى :

١ - الطاقة الشمسية Solar Energy :

تحاط الشمس مثلما هو الحال مع الأرض بمجالات كهرومغناطيسية، يؤدى التمدد والانكماش المنتظم لهذه المجالات إلى تولد موجات ترسل عبر النظام الشمسى كأشعة كهرومغناطيسية electromagnetic radiation تستقبل الأرض نحو

١٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠ / ١ من الإشعاع الكلى للشمس، وهذه النسبة الضئيلة للغاية هى التى تمدنا بالضوء والحرارة.

وتصنف الأشعة حسب طول موجاتها التى تقاس بالميكرون أو بالميكروميتر(١) إلى موجات طويلة وموجات متوسطة وموجات قصيرة.والأخيرة هى التى تصل إلى طبقة الأوزون أعلى الغلاف الغازى(٢) ويصل جزء محدود من هذه الأشعة إلى الأرض، حيث إن الجزء الأكبر منه ينعكس إلى الفضاء الخارجى.

وترسل الأرض أيضا إشعاعا كهرومغناطيسيا إلى الفضاء، ولكن بسبب حجمها الصغير وبرودتها بالمقارنة بالشمس فإنها تشع موجات إشعاعية أطول تحتوى بدورها على طاقة أقل من الأشعة الشمسية.

٢ ـ الطاقة الكيماوية Chemical Energy :

تنتج هذه الطاقة عن قوى forces الروابط bonds الكيماوية لجزيئات(٣) المادة والتى تربط الذرات بعضها ببعض وعندما تتحطم تنطلق منها الطاقة.

وأيضا فى النويات الداخلية للذرة تعمل هذه القوى على ترابط البروتونات الموجبة بالنيترونات المتعادلة داخل الذرات، وإذا ما انطلقت هذه القوى ينتج عنها طاقة نووية تعادل ملايين المرات الناتج عن تحطم روابط الجزيئات الكيماوية فى المادة.

٣ ـ طاقة الجاذبية Gravitational Enegy :

عندما تنجذب كتلة نحو كتلة مجاورة لها تسمى جاذبية، وقوة الجاذبية هنا تعتمد على حجم الكتلتين وتتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما.

وعلى سطح الأرض وخلال الغلاف الغازى نجد أن كتلة الأرض أكبر من أى شىء آخر، ولذلك فهى قادرة بذلك على جذب الأشياء إليها، وإن كان بعضها لا يستجيب لذلك بسبب تدخل عوامل وقوى أخرى.

---

(١) الميكرون أو الميكروميتر UM = ١٠٠٠ / ١ من المليمتر.

(٢) سوف نذكر بالتفصيل فى الجزء الخاص بالمناخ.

(٣) عادة ما يتكون الجزىء من ذرتين وتتكون الذرة من نواة وعدد من الإلكترونات السالبة يساوى عدد البروتونات (الموجبة) بالنواة لذلك فالذرة تكون متعادلة كهربائية، وتتحرك الإلكترونات فى مدارات دائرية أو بيضية بسرعة فائقة حول النواة ومن ثم لا تنجذب إليها.

وتعمل الجاذبية الأرضية على انسياب المياه إلى أسفل السفوح، وهى أيضا التى تمنع بخار الماء من التطاير فى الفضاء، ويطلق على الجاذبية الطاقة الكامنة Ep حيث إن أى جسم يقع فوق سطح الأرض له طاقة تتناسب مع كتلته (m) ومع قوة الجاذبية (g) force of gravity وارتفاعها فوق سطح البحر (h).

وعلى ذلك فالطاقة الكامنة = الكتلة + قوة الجاذبية + الارتفاع عن سطح البحر ($Ep = m \times g \times h$).

٤ ـ الطاقة الحركية Kinetic Energy :

ينتج هذا الشكل من الطاقة عن حركة أى جسم، فجريان النهر والتدفق الطينى mudflow والرياح والتيارات المحيطة وصعود المياه الجوفية وتحرك الأمواج كلها تمتلك طاقة حركية وتكون قادرة على العمل وبذل الجهد من خلال الاحتكاك بجسم آخر.

وتأتى الطاقة الحركية من المعادلة الرياضية التالية :

$$Ek = \frac{1}{2} mv^2$$

حيث إن V تعنى السرعة velocity وتعنى m الكتلة mass.

٥ ـ الطاقة الحرارية :

تعد أقل أنواع الطاقة قيمة وتنتج عن حركة الجزيئات فى المادة motion of molecules أو بمعنى آخر هى عبارة عن الطاقة الحركية الناتجة عن حركة جزيئات مادة ما.

ب ـ تحول الطاقة فى الجغرافيا الطبيعية :

توجد أشكال أخرى للطاقة غير التى ذكرت. منها الطاقة الكهربائية فى العواصف الرعدية thunder storms ولكن الأشكال المذكورة سابقا للطاقة هى التى نلمس دورها فى العمليات الطبيعية على سطح الأرض من خلال تحول الطاقة من شكل إلى آخر داخل هذه العمليات.

نسوق أمثلة لأشكال التحول وعلاقتها بالعمليات الطبيعية من المثالين التاليين:

١ ـ **عملية التمثيل الضوئى Photo Synthessis :**

يتم خلالها تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كيماوية، وتتمثل هذه العملية فيما يلى :

[ثانى أكسيد الكربون + ماء ←—— جلوكوز + أكسوجين (كربوهيدرات)].

حيث يعمل التمثيل الضوئى على تكوين الجلوكوز الذى يمثل عنصرا هاما فى أى مادة حية، وكذلك على تكوين الأكسوجين العنصر الثانى من عناصر الغلاف الغازى بعد النتروجين والضرورى للغاية فى عمليات التنفس للكائنات الحية.

ومعنى ذلك: أن التمثيل الضوئى يكون الغذاء للنمو، والأكسوجين للتنفس، ويتم بالتمثيل الضوئى تكوين الجلوكوز الذى يمثل عنصرا هاما فى الغلاف الغازى بعد النتروجين والضرورى للغاية فى عمليات التنفس للكائنات الحية.

ويتم التمثيل الضوئى فى البلانكتون حتى الأشجار الضخمة، ومن ثم تختلف كفاءته اختلافا كبيرا حسب حجم النبات الذى يقوم به.

والواقع أن الجلوكوز والكربوهيدرات تحتوى على طاقة كيماوية يعمل التمثيل الضوئى على استخلاصها من الأشعة الشمسية (الطاقة الشمسية).

كذلك هناك تحول للطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية كما سيتضح ذلك بالتفصيل فيما بعد.

٢ ـ الفعل الميكانيكى ـ فقد الطاقة الكامنة :

تعد الجاذبية مصدرا رئيسيا للطاقة فى البيئة الطبيعية، هذه الطاقة تستقل عن الشمس وتعتمد ببساطة على جذب كتلة الأرض للأجسام الأخرى على السطح أو فى الغلاف الغازى.

والواقع أن مفهوم الطاقة الكامنة ومفهوم الجهد قد اشتقا أساسا من مفهوم الجاذبية gravity كما سيتضح من السطور التالية.

فعلى سبيل المثال هناك فى الجغرافيا الطبيعية ما يعرف بعمل النهر work of a river والمقصود به ـ بشىء من الدقـة ـ فقد طاقة كامنة من النهر خـلال تحركه مع الانحدار ونقله للرواسب واحـتكاكه بقاعـه وجوانبه (تغلبه على قـوى الاحتكاك) بعض الطاقة المبذولة تتحـول إلى طاقة حركية والجزء منها المفـقود بفعل الاحتكاك يتحول إلى حرارة، والخلاصة أن مجمل العمل الذى يقوم به النهر بالطرق السابقة يتساوى مع فـاقد الطاقة الكامنة والذى يمكن أن يختـزن فى نهر كبير ليـتحول إلى طاقة كهرومائية فى محطات توليد الطاقة والسدود المقامة على النهر.

ولتبسيط ما سبق نسوق المثال التالى :

لو تصورت وضع كتاب على مكتب، هـذا الكتاب الذى يحتوى داخله على طاقة كامنة قد سقط تلقائيا بعد أن اهتز المكتب لسبب ما.

ما حـدث حتى الآن هو أن الكتـاب قد فـقد طاقتـه الكامنة، ولا يمكن أن يرتفع مرة أخرى إلى المكتب، فإذا ما رفـعت الكتاب بيدك إلى المكتب، معنى ذلك أنك بذلت طاقة من خلال عمل عضلى احترق بسببه بعض الجلوكوز والبروتين من جسمك، يعنى ذلك أيضا أنك استخدمت طاقة مختزنة فى جسمك لرفع الكتاب.

وهنا بذلت طاقة كيماوية وتم عمل ما، وأعـيد تخزين طاقة كامنة مرة أخرى فى الكتاب بعد رفعه.

هذا المثال يوضح أمرين هامين مفادهما :

أ ـ أن الفاقـد من الطاقة الكامنة يتـساوى مع كمـية العـمل المبذول، أى أن الطاقة الكامنة «طاقة عمل».

ب ـ أن فقد الطاقة الكامنة اتجاه طبيعـى بسبب الجاذبية الأرضية. ولكى يعاد تخزينها لابد أن يتم عمل ما من خلال مصدر آخر للطاقة تمثل فى المثال السابق فى الطاقة الكيماوية chemical energy.

ثانيا: النظم والجغرافيا الطبيعية

مفهوم النظام :

النظام مفهوم عام إلى حد كبير، وعلى ذلك يمكن تحديده من خلال طرق متعددة.

ولكن أى نظام نجده يتميز بثلاث خصائص رئيسية داخل حدوده تتمثل فيما يلى (White, L.D, etal, 1984, pp9 - 10.)

أ - العناصر المكونة للنظام: وتتمثل فى أنواع من المواد مثل الذرات atoms أو الجزيئات، أو الأجسام الأكبر حجما مثل حبات الرمل وقطرات المطر أو النباتات، وكل عنصر أو مكون من مكونات النظام يوجد فى مكان محدد وخلال فترة زمنية معينة.

ب - حالة العناصر أو صفاتها : تتميز هذه العناصر بصفات معينة يمكن إخضاعها للقياسات أو التجارب، فالحجم أو الضغط أو الوزن أو درجة الحرارة واللون يمكن تحديد قيم لها ومقارنتها بمقياس محدد مثل قياس درجة الحرارة على أساس الترمومتر المئوى أو قياس الضغط بالمليبار.

جـ - وجود علاقة بين عنصرين أو أكثر من عنصر أو بين صفة من صفات العناصر بصفة أو خاصية بعنصر* آخر مثل العلاقة بين الحجم والضغط، أو العلاقة التى تحدد نظام أو ترتيب العناصر داخل نظامها.

ولأن الجغرافيا الطبيعية تهتم كثيرا بالطاقة والمواد المختلفة، فإنه على ضوء ذلك يمكن تعريف النظام بأنه مجموعة العناصر داخل حدود معينة لها علاقتها ببعضها البعض وتحركها وانتقالها داخل نظامها سواء كانت فى شكل مواد materials أو طاقة energy وكذلك انتقالها فى حالات معينة عبر حدود النظام منه وإليه.

(*) يتم قياس هذه العلاقات من خلال أساليب التحليل الإحصائى.

أنواع النظم : Types of systems

توجد ثلاثة أنواع من النظم تتمثل فيما يلى :

أ ـ النظام المنعزل Isolated - System:

وهو النظام الذى لا توجد علاقات أو تفاعل بينه وبين الأنظمة الأخرى خارج حدوده، ولا يوجد مثل هذا النظام فى البيئة الطبيعية حيث يمكن وجوده فقط فى المعمل لتحديد وتطوير مفاهيم الديناميكيات الحرارية thermo dynamics.

ب ـ النظام المقفل Closed - System:

أكثر النظم شيوعا حيث يمكن من خلاله تبادل الطاقة عبر حدود النظام نفسه، ولكن لا يحدث تبادل للمواد بينه وبين غيره من نظم محيطة.

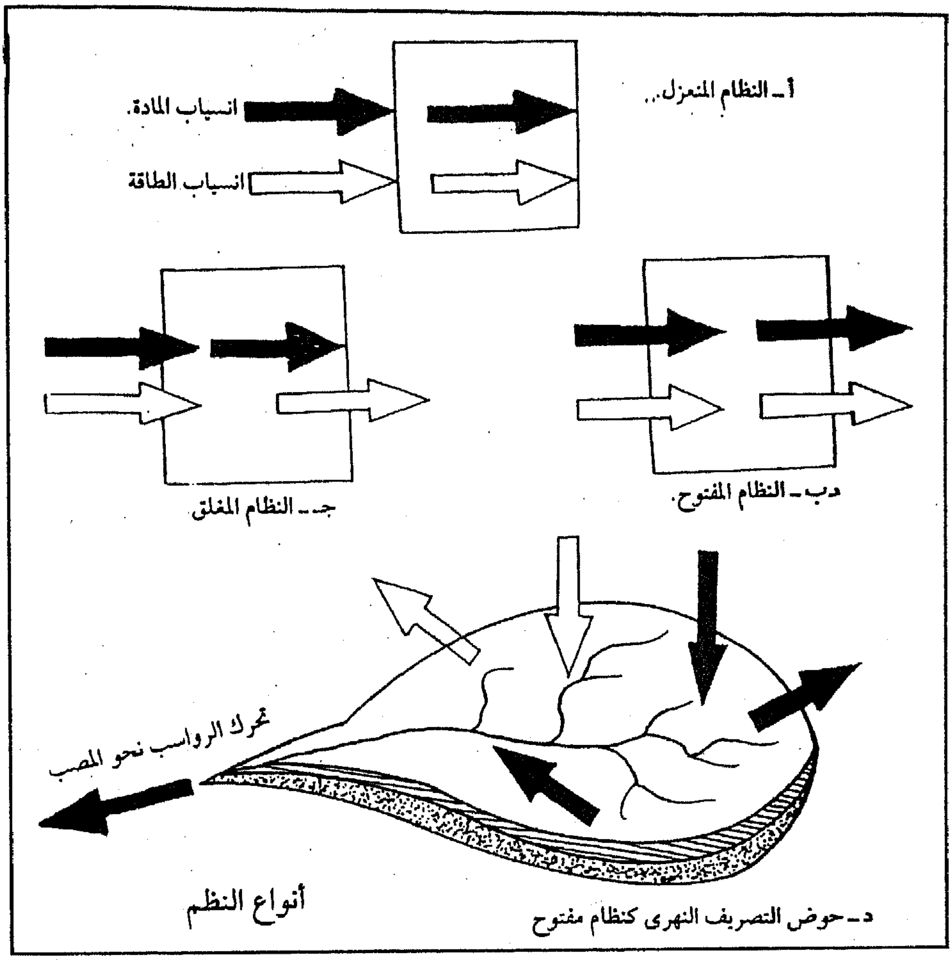
جـ ـ النظام المفتوح Open - System:

فى هذه النظم تستطيع كل من المادة والطاقة الانتقال بحرية عبر حدود النظام بينه وبين النظم الأخرى، وجدير بالذكر أنه فى مثل هذه النظم فإن انتقال المادة هو فى نفس الوقت انتقال للطاقة حيث تحتوى المواد على طاقة كيماوية كامنة potential energy.

مثال على النظام المقفل (الدورة الهيدرولوجية) :

فى هذه الدورة توجد كميات من المادة (الماء) داخل حدود النظام، وتتم الدورة داخله من خلال طاقة شمسية قادمة بالطبع من خارج حدود النظام وخلال التاريخ الذى مرت به الأرض حدثت تغيرات كبيرة فى النظام الهيدرولوجى العالمى، ويرجع ذلك أساسا إلى التغيرات المناخية حيث تحولت كميات ضخمة من المياه المختزنة فى المحيطات إلى غطاءات جليدية ice caps، خلال فترات زمنية مختلفة، ورغم كل هذه التغيرات فإن الكمية الكلية للمياه على سطح الأرض بقيت ثابتة، ومن ثم يبقى النظام مقفلا أو مغلقا بشكل دائم (شكل ١).

أما النظم المفتوحة فهى نظم ديناميكية حرارية تدرس كثيرا فى الجغرافيا الطبيعية، أمثلة رئيسية منها الغابات والبحيرات وأحواض التصريف النهرية، كل هذه النظم تتلقى المواد والطاقة وتوردها عبر حدودها (شكل ١).



شكل رقم (١)
أنواع النظم

وتوجد أربعة مبادئ مرتبطة بالنظم المفتوحة يمكن أن تساعدنا كثيرا فى تفهم الجغرافيا الطبيعية يمكن إيجازها فيما يلى :

١ ـ إن الطاقة والمادة الداخلة للنظام لا تخرج منه فى نفس الشكل الذى دخلت به، على سبيل المثال تأتى الطاقة الشمسية ذات الموجات القصيرة إلى الأرض لتخرج منها فى شكل طاقة ذات موجات طويلة، وجزء كبير من مياه المطر والثلوج التى تدخل حوض النهر تخرج منها فى شكل بخار ماء، وكذلك الصخور التى تأتى إلى الأنهار فى المنابع العليا بأحجام كبيرة تخرج من عند المصب فى صورة رواسب طينية ورملية ناعمة تترسب فى قاع البحر.

٢ ـ لا يحدث عادة توازن بين المدخلات inputs والمخرجات outputs من الطاقة والمادة على المدى القصير (خلال يوم أو أسبوع أو شهر مثلا) ولكن قد يحدث هذا التوازن على المدى البعيد.

٣ ـ فى كل من النظامين المفتوح والمغلق نجد أن الطاقة الحرارية الناتجة عن تحول الطاقة من نوع إلى آخر تخرج من النظام فى العادة إلى الغلاف الغازى ومن ثم إلى الفضاء، وتعوض من خلال طاقة تأتيها من خارج النظام، على سبيل المثال نجد أن هذه الطاقة تأتى إلى النظم البيئية فى شكل إشعاع شمسى.

٤ ـ رغم ثبات المدخلات من الطاقة الكامنة إلى النظم المفتوحة إلا أن التحولات النهائية للطاقة فى الطبيعة تنتج طاقة حرارية heat energy عديمة.القيمة لدرجة أن الجهد المبذول من خلال الطاقة الكامنة القادمة يكون محدودا جدا.

حدود النظام System boundaries:

إن الخطوة الأساسية فى تحليل أى نظام طبيعى تتمثل (إن أمكن) فى قياس حركة تبادل الطاقة والمادة بين النظام والبيئة، وحركة الطاقة والمادة داخل حدود النظام ذاته، مثل هذه القياسات لا تقود فقط لفهم كيفية قيام النظام بعمله بشكل طبيعى ولكنها أيضا تمكن العلماء من قياس وتفسير المؤثرات الناتجة عن التغيرات فى الضوابط الخارجية عليه ومعظمها يأتى من التدخلات البشرية.

مثال ذلك البحيرات كنظام محدد جيدا أو غابة صغيرة أو حوض تصريف مائى.

ففى حوض النهر ـ على سبيل المثال ـ نجد أن حركة الطاقة والمادة تتم أساسا باتجاه المصب down stream أما عن حدوده فتنطبق مع مناطق تقسيم المياه water sheds التى يمكن تحديدها بسهولة، وتعد الروافد المختلفة داخل الحوض بمثابة المسالك الرئيسية داخل النظام النهرى.

أما النظام الساحلى فهو من النظم صعبة الدراسة لأن حدوده مؤقتة، إلى جانب أن حركة الرواسب تتم فى اتجاهات مختلفة، وتأتى مدخلات النظام أيضا بصور وأشكال مختلفة كما سيتضح ذلك بالتفصيل فيما بعد (الجزء الخاص بالتعرية الساحلية).

التوازن داخل النظام Equilibrium :

يقصد بالتوازن مدى وجود تعادل أو توازن بين النظام وبيئته.

ويوجد نوعان من التوازنات لهما أهميتهما فى تفهم الوظائف الطبيعية داخل النظام.

١ ـ التوازن الثابت Steady state equilibrium:

يتميز هذا التوازن بخاصتين هامتين تتمثل أولاهما فى أنه لا يحدث تغير فى مخزون الطاقة الكامنة داخل النظام مع الزمن، ينطبق ذلك على المخزون من الطاقة والمواد، وثانيتهما تساوى المدخلات (من الطاقة والمادة) مع المخرجات.

ينطبق هذا المفهوم على النظام الذى تأتى إليه المدخلات على طول طريق يختلف عن طريق المخرجات مثل نظم السفوح والقنوات النهرية والثلاجات وغيرها.

٢ ـ التوازن الديناميكى Dynamic equilibrium:

يشير إلى النظم المفتوحة ويستخدمه علماء الطبيعة والكيمياء للإشارة إلى تبادل المادة والطاقة عبر نفس السطح بين مجالين.

على سبيل المثال جزيئات الماء دائما ما تترك سطح البحيرة وتدخل الغلاف الغازى، بعضها يسقط فى شكل مطر على البحيرة، عندما تتساوى العمليتان تماما لا يكون هناك فى هذه الحالة فاقد من جزيئات الماء بالبحيرة أو الغلاف الغازى ويظل الاثنان فى حالة توازن، والتوازن فى كل نظام يتم بواسطة تحرك المدخلات والمخرجات على نفس الحدود بينها. وهذا ما يعرف بالتوازن الديناميكى.

الفصل الثانى

الغلاف الصخرى

Lithosphere

تعريفه :

يقصد به القشرة الأرضية الصلبة، أو الطبقة الخارجية للأرض outlayer والتى تغطى مياه البحار والمحيطات نحو ٧١٪ من جملة مساحتها، وينكشف الجزء الباقى فى شكل أسطح يابسة (أسطح القارات).

وتتشكل هذه القشرة الخارجية للأرض فى أشكال وملامح تضاريسية ضخمة سواء على سطح القارات مثل الدروع القارية الصلبة continental shields والسلاسل الجبلية الممتدة لآلاف الكيلومترات، أو على قاع الأحواض المحيطية مثل الحافة الأطلنطية الوسطى وهضبة الباتروس بالمحيط الهادى.

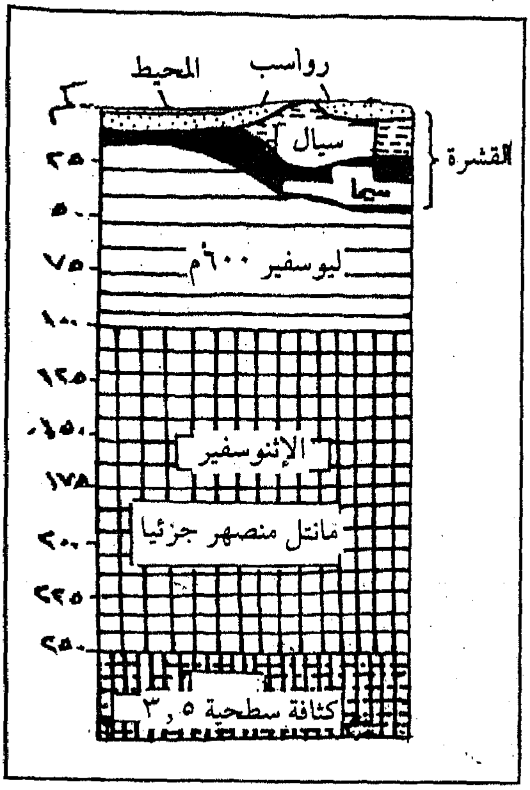
ويتراوح سمك القشرة الخارجية بطبقتيها السيال sial والسيما sima ما بين ٢٢ و ٤٠ كيلو متر، ورغم قلة سمكها فإن أشكالها التضاريسية الضخمة تعكس الظروف الداخلية للأرض كما سيتضح ذلك فيما بعد.

التركيب الداخلى للأرض :

تعتمد معرفتنا عن التكوينات الداخلية للأرض وصورها التركيبية أساسا على أدلة غير مباشرة يتمثل أهمها فى الموجات الزلزالية sesimic waves التى تنتقل خلال صخور الأرض، وكذلك فيما يصل إلى سطح الأرض من مواد باطنية خلال الطفوح اللافية lava eruptions والانفجارات البركانية vlcanic explosions.

ونظرا لاختلاف سرعة الموجات الزلزالية فى انتقالها من تكوينات صخرية إلى أخرى مغايرة فى خصائصها وكثافتها النوعية، فقد أفاد ذلك كثيرا فى تحديد خصائص ومكونات باطن الأرض والتى يظهرها شكل (٢).

فالأرض تتكون من نواة داخلية inner core، وتتكون من معادن مرتفعة الحرارة للغاية، وذات كثافة نوعية مرتفعة، وهى عبارة عن خليط من الحديد والنيكل، ولذلك يطلق عليها أحيانا تكوينات النايف nife اختصارا للحرفين الأولين من المعدنين السابقين، وقد استدل على خصائص هذه التكوينات البعيدة من خلال السرعة العالية للموجات الزلزالية التى تنتقل خلالها.



شكل رقم (٢)
التركيب الداخلى للأرض

تلى النواة الداخلية نواة خارجية outer core حرارتها أقل من الأولى وتتراوح ما بين ١٩٠٠ إلى ٦٠٠٠م، وهى أيضا أقل فى كثافتها النوعية، وتتكون من حديد ونيكل فى حالة سائلة liquid ferro nickl بسمك يبلغ ٤٠٠٠ كم (٢,٥٠٠ميل).

أما الإطار الذى يعلو النواة الخارجية فيعرف بالمانتل وهو عبارة عن طبقة سميكة من المواد الصخرية (٣٠٠٠كم) ذات الكثافة النوعية المرتفعة.

والواقع أن الحركات التى تتعرض لها القشرة الخارجية للأرض ترتبط بما ينتاب طبقة المانتل من اضطرابات وخاصة الجزء العلوى لهذه الطبقة والذى يفصله عن القشرة إطار ضيق وغير مستمر يسمى بحد «موهو» نسبة إلى عالم الزلازل اليوغوسلافى موهوروفيتش (Gardner, J. S, 1977, p 425) وبالنسبة للقشرة الخارجية فهى مختلفة السمك من منطقة إلى أخرى، بحيث تبدو أدق ما تكون فى قيعان المحيطات وخاصة المحيط الهادى، بينما يزداد سمكها فى مناطق الجبال المرتفعة على القارات.

ويتميز سطح القشرة بعدم انتظامه، وذلك بما يتضمن من قارات وأحواض محيطية وأخاديد بحرية عميقة deep sea trenches وقمم جبلية وغير ذلك من مظاهر عدم انتظام السطح.

إلى جانب ما سبق فالقشرة من حيث التركيب والمحتوى الصخرى بالغة التعقيد، حيث تختلف صخورها اختلافا كبيرا فى مكوناتها ونظمها البنائية، فالكتل القارية تتكون فى معظمها من مواد جرانيتية، بينما توجد التكوينات البازلتية الأثقل وزنا أسفل القارات مع انكشافها على قيعان الأحواض المحيطية، وإن كانت تغطى بغطاءات رقيقة من الرواسب العضوية وغير العضوية التى ترسبت فوقها خلال العصور الجيولوجية المختلفة.

وبالنسبة لعدم انتظام سطح الأرض نجده يتضح من مقارنة بعض المناسيب المتباينة عليه، فنجد أن أعلى جزء بالقشرة الأرضية وهو قمة إفرست بجبال الهيمالايا يبلغ ٨٨٤٨ مترا (٢٩,١٤١ قدما) وأدنى منسوب يتمثل فى خانق منديناو mindinao ويبلغ ١١٥١٦ مترا أو نحو (٣٨٠٠٠ قدم) وبالمقارنة بنصف قطر الأرض الذى يبلغ ٦٣٦٨ كيلو متر أو (٣٩٥٠ ميلا) فإن الفارق التضاريسى على سطح الأرض والذى يبلغ ٢٠ كيلو متر (١٢,٤ ميل) يمثل نسبة محدودة للغاية من سمك الأرض، وإن كان رغم ذلك له شأن كبير من وجهة النظر الخاصة بالنشاطات البشرية على سطح الأرض.

صخور قشرة الأرض :

للمواد المكونة لقشرة الأرض أهمية كبيرة، ليس فقط لكونها تمدنا بمعلومات عن التاريخ الخاص بنشأة الأرض وتطورها، ولكن لكونها تتفاعل بدرجات متباينة مع عمليات التجوية والتعرية المختلفة، وتنعكس فى شكل ملامح مورفولوجية وظاهرات تعطى الشكل العام لسطح الأرض الذى نراه الآن.

وتعد الصخور أيضا مصدرا للمواد الخام المستخدمة فى نشاطات الإنسان المختلفة مثل الفحم الذى يرتبط فى معظمه بالصخور الكربونية والحديد والألومنيوم وغيرها من المعادن التجارية، إلى جانب كونها مصدرا للبترول والغاز الطبيعى، ولا ننسى أيضا أن التربة وهى أساس الحياة النباتية على سطح الأرض ما هى إلا مكونات صخرية اشتقت من الصخور المختلفة.

والمواد المكونة للأرض إما مــواد عضوية organic materials أو غير عضوية inorganic.

وعموما فـالصخور ببساطة عبـارة عن أجسام طبيعية صلبـة تتكون من معدن واحد،وفى أغلب الأحوال من أكثر من معـدن وذلك بنسب متفاوتة، ولكل صخر تركيب معدنى وبالتالى تركيب كيماوى خاص.

تعـد العناصـر الكيـمـاوية أسـاس كل المواد العـضـوية وغيـر العـضـوية ، فالأكسوجين والسيلكون يمثلان مع بـعضهما البعض ٧٥٪ من وزن مكونات قشرة الأرض، وتتكون الصخور الرئيسية المكونة للقشـرة والتى تتمثل أساسا فى صخور الجرانيت والبـازلت من سليكات متحدة مع عناصـر أخرى. فالجرانيت عـبارة عن سيلكات غنية بالحديد والمغنسيوم.

وتتكون الصخور المعـروفة بثلاثة طرق، فالصخـور النارية تتكون من خلال تبـلور أو تصـلب solidification المواد المنصـهـرة سـواء داخل القشـرة أو فـوق سطحها، والصخور الرسوبية تنتج عن حـدوث ترسيب الحبيبات الصخرية بواسطة الهواء أو الماء أو الجليد.

وتتراوح الحبيبات فى حـجمها من غرويات colloids (طين دقيـق جدا) إلى غرين ورمل وجلاميد boulders تتماسك أو تتحجر lithified مكونة للصخور، وقد تتحول الصـخور النارية والرسوبية بفـعل الحرارة المرتفعة أو الضغط أو التـفاعلات الكيماوية لتنتج عن ذلك أنواع من الصخور التى تختلف فى خصائصها عن الأصل تعرف بالصخور المتحولة.

وتعد الصخور النارية أكثر الأنواع انتشـارا فى الطبقة السطحية بسمك ١٦كـم (١٠ ميل) حيث تمثل مع الصخور المتحولة عنها نحو ٩٥٪ من وزن المواد الصخرية المكونة للقشرة، بينما تمثل الصخور الرسوبية مع مـا تحول عنها من صخور متحولة نحو ٥٪ فـقط، ومن حيث الانتشار نجـد أن الصخور الرسوبيـة ـ مع قلة وزنها ـ بالنسبة للصخور الأخرى ـ تغطى الجزء الأكبر من سطح الأرض المكشوف بالقارات وتغطى مسـاحات واسعـة من قيـعان المحيطات مما يدل على أثر عـمليات التـجوية والتعرية المختلفة ودورها فى عمليات النحت والترسيب، ويبين الجدول التالى رقم (١) نسبة ما تغطيه الصخور المختلفة من سطح القارات.

جدول (١) نسبة ما تغطيه الصخور المختلفة من سطح القارات

الصخر	الطين والصلصال	حجر رملى	جرانيت	حجر جيرى	بازلت	صخور اخرى
نسبة ما يغطيه من سطح القارات	٥٢ ٪	١٥ ٪	١٥ ٪	٧ ٪	٣ ٪	٨ ٪

المصدر : جاردنر ١٩٧٧. ص ٤٣١.

حيث يتضح منه أن الصخور الرسوبية تغطى الجزء الأعظم من مساحة القارات وخاصة الصخور الطينية والصلصالية تليها صخور الحجر الرملى بنسبة ١٥٪ بينما يغطى الحجر الجيرى ٧٪، وبالنسبة للصخور النارية نجد أن الجرانيت يغطى ١٥٪ والبازلت ٣٪ فقط.

وفى الصفحات القليلة التالية إيجاز للخصائص المرتبطة بالصخور الرئيسية سابقة الذكر وكيفية تكونها وأنواعها المختلفة.

أولا الصخور النارية : Igneous Rocks

تكونت الصخور النارية من تصلب الصهير النارى magma داخل طبقات القشرة الأرضية أو فوق سطحها بعد خروج الصهير على السطح من خلال مناطق الضعف فى القشرة، وهذا الصهير - أو ما يعرف بالماجما أو اللافا - عبارة عن مواد معدنية منصهرة قادمة من طبقة المانتل باتجاه القشرة الأرضية.

ويتوقف نوع الصخور النارية على مكونات هذا الصهير ومعدلات تبريده وعلى نوع الغازات المصاحبة له، فمعدل التبريد يؤثر على معدل تبلورها وبالتالى على حجم ونمو البلورات، وعلى ذلك نجد أن التبريد السريع على السطح ينتج عنه صخور دقيقة البلورات أو قد تكون خالية من البلورات بحيث تأخذ المظهر الزجاجى glassy، أما الصهير الذى يكون الجرانيت (خشن الحبيبات) فإنه يكون قد استغرق عشرات الآلاف من السنين لكى يبرد عند أعماق بعيدة فى القشرة على عكس الحال مع الزجاج البركانى والأوبسيديان الذى تكون من صهير قليل الغازات برد بسرعة فوق سطح مكشوف.

وتختلف أنواع الصخور النارية تبعا لكميات السيليكا فى الصخر أو تبعا لدرجة التشبع بها، وكذلك تختلف من حيث أنواع المعادن المكونة لها ومن حيث اللون الذى يرتبط أساسا بالمعادن التى يتكون منها الصخر.

تنقسم الصخور النارية تبعا لنسبة وجود أكسيد السليكون بها إلى :

أ ـ صخور نارية حمضية: وتتراوح نسبة أكسيد السليكون فيها ما بين ٦٥ ـ ٧٥٪.

ب ـ صخور نارية وسيطة: وتتراوح نسبة أكسيد السليكون ما بين٥٥ ـ ٦٠٪.

جـ ـ صخور نارية قلوية: وتتراوح نسبة أكسيد السليكون ما بين ٤٥ـ ٥٥٪.

د ـ مجموعة الصخور فوق القلوية : تصل نسبة أكسيد السليكون بها أقل من ٤٥٪.

وتختلف أنواع الصخور النارية عن بعضها البعض كما أشير إلى ذلك آنفا حسب موقع تبلورها، وحسب نسيجها الصخرى texture فإذا ما برد الصهير النارى ببطء وعلى عمق كبير فينتج عن ذلك جرانيت خشن coarse granite كصخر بلوتونى تكون عند أعماق سحيقة، أما فى حالة إذا ما برد على السطح أو بالقرب منه فإنه يبرد أسرع وينتج عنه صخور ناعمة الحبيبات fine grained مثل صخر الريوليت وهو صخر فاتح اللون نسيجه دقيق جدا مكون من بلورات كوارتز وفلسبار زجاجى ومثل صخر البازلت، ويعد صخر الخفاف pumice من الصخور المسامية porous أو الإسفنجية التى بردت على السطح وقد اكتسبت خصائصها النسيجية من وجود الغازات بكميات كبيرة فى الصهير الأصلى.

ومن الصخور النارية القاعدية الجابرو* gabbro ويتكون من الفلسبار مع بعض الأوليفين مع اختفاء الكوارتز منه وهو ذو بلورات دقيقة شديدة التماسك، والأنديزيت** andesite الذى يحتوى على قليل من الكوارتز وكمية أكبر من المعادن المغنسيوم حديدية التى تعطيه اللون الداكن وإن كان أفتح لونا من البازلت وأغنى بالسليكون.

(*) يعد من الصخور القاعدية الباطنية، ويظهر على سطح الحافة الأطلنطية الوسطى، ووجوده على السطح يؤكد وجود حركة رفع تعرض لها القاع على طول امتداد الحافة.

(**) تمتد تكويناته فى المحيط الهادى خاصة قرب أقواس الجزر، وأما البازلت فيظهر فى أماكن محدودة مثل أثيوبيا وهضبة الدكن. ويظهر فى مصر فى بعض المناطق مثل منطقة رقبة النعام بسيناء وقرب المنيا وفى منطقة ابو زعبل.

ومن الصخـور الوسيطة السـمحاق الإمـبراطورى أو البروفـيرى prophyry ويتكون تحت ظروف تـختلـف نسـبيـا عن ظروف تـكون الجرانـيت، ويتكون من بلورات متوسطة الحجم من الفلسبار والكوارتز والبيوتيت.

ثانيا : الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

تغطـى الرواسب sediments والصخـور الرسوبية بأسمـاكها المختلفـة معظم سطح القشـرة الأرضية، وتخـتلف اختلافا كـبيرا فى ألوانهـا وفى نسيجـها وطرق نشأتها عن الصخور النارية.

والصخور الرسوبيـة تمثل فى الواقع النتاج النهائى لعمليات التـجوية والتعرية المختلفة بعد إعادة الترسيب redeposition للمواد الأرضية. ويوضح الجدول التالى رقم (٢) أحجام الحبيبات المختلفة التى تتكون منها الصخور الرسوبية والتى تتراوح ما بين أقل من ٠,٠٢ لحبـيبات الصلصال الدقـيقة إلى أكثر من ١٠٠ ملـلم بالنسبة لأقطار الجلاميد boulders.

جدول (٢) أحجام الحبيبات فى الرواسب

حصباء	٢ - ١٠ مم
حصى	١٠ - ١٠٠ مم
جلاميد	أكثر من ١٠٠ مم
رمل خشن	٢ - ٠,٥ مم
رمل متوسط	٠,٥ - ٠,١ مم
رمل ناعم	٠,١ - ٠,٢ مم
سلت	أقل من ٠,٢ مم
صلصال	... ...

وأهـم ما يميـز الصخـور الرسوبية وجـودها فى شكل طبقات strata ترتبط كل طبقة stratum بظروف وطـبيـعة عمليـات الترسـيب، بحيث يمكن تميـيز كل طبقة عن الأخـرى بـدراسـة تركيبها ومكـوناتهـا المعـدنية وعادة ما يفـصل الطبقة عن الأخـرى ما يعرف بسطح الطبقية أو سطح الانفصال bedding plane، وعندما

تترسب الصخور الرسوبية فى شكل طبقات متتابعة فوق بعضها البعض ومتوازية مع بعضها البعض يطلق عليها حينئذ أنها طبقات متوافقة، أما عدم التوافق فيحدث بظهور سطح يبين تعرية صخور قديمة أو يبين انقطاعا فى عملية الترسيب يفصل بين صخور قديمة وأخرى أحدث (أحمد مصطفى، ١٩٩٠، ص ٢٣٧).

تتميز الصخور الرسوبية كذلك باحتوائها* على حفريات fossils كبقايا هيكلية للأحياء النباتية أو الحيوانية التى كانت تعيش خلال فترات الترسيب والتى بدورها تدل على ظروف البيئة الطبيعية القديمة وتطور سطح الأرض.

وعادة ما تصبح الرواسب المفككة صخورا إذا ما تعرضت لعمليات التحجر lithification التى تشتمل على الاندماج أو إعادة تنظيم الرواسب والتفاعل مع الماء أو التحول بفعل الإذابة التى تمر بها بعض الرواسب.

فعملية الاندماج أو التماسك compactness تحدث فى معظم الرواسب عندما تتعرض لثقل معين أو ضغط ما حيث يتكون الحجر الطينى بهذه الكيفية مع تكونه من حبيبات دقيقة (٠,١٢٥ - ٠,٠٥٠ ملم) لها القدرة على التلاحم بالضغط بشكل أكبر من الرمال أو الحصباء.

ويأتى الضغط أساسا من خلال عمليات ترسيب مستمر لطبقات طينية متتابعة مثلما يحدث فى قيعان البحار أو البحيرات، ينتج عن ذلك قوى ضرورية لعملية التماسك بعد خروج المياه عن طريق العصر squizing والذى يؤدى إلى نقص الحجم بنسبة ٤٠٪.

أما التكون بواسطة التحجر فيتم من خلال وجود مادة لاحمة مثل الكالسيت والكوارتز وكربونات الحديد وأكسيد الحديد تتفاعل مع المياه الموجودة بالرواسب مثلما يحدث فى حالة تلاحم الحجر الرملى أو الدماليك conglomerates والأخيرة يطلق عليها المجمعات أو الرصيص وهى صخور تتكون من حصى يلتحم بعضه ببعض بمواد دقيقة تترسب عادة على الشواطئ أو عند مخارج الأودية النهرية وفى

(*) على الرغم من أن الرواسب أو الصخور الرسوبية تغطى أكثر من ثلاثة أرباع سطح الأرض إلا أنها تكون حوالى ٥٪ من صخور القشرة، ويرجع ذلك إلى أنها توجد على هيئة غطاء رقيق غير متصل يبلغ متوسط سمكه نحو ٨٠٠ متر فقط.

المراوح الفيضية، وكذلك تكوينات البريشيا breccia وتختلف عن الدماليك بحبيباتها ذات الزوايا الحادة والتى تعكس قصر المسافة التى انتقلت خلالها بين المصدر (قمة الجبل أو الوجه الحر للسفح) ومنطقة الترسيب، وعموما فإن نوع الصخور الرسوبية وعمليات التحجر والتركيب الصخرى تعتمد أساسا على بيئة الترسيب والتى تنقسم إلى بيئة بحرية وبيئة انتقالية وبيئة قارية، ومعظم الصخور الرسوبية نتجت عن الترسيب فى البيئة البحرية، وأهم هذه الصخوز الحجر الجيرى العضوى organic limstone ويتكون من معدن الكالسيت أساسا حيث يتكون من بقايا هياكل الأحياء البحرية والمرجانية وغيرها.

ومن الصخور الجيرية الأخرى الحجر الجيرى الكيماوى أو الطوفا **Tufa** وهو حجر جيرى فاتح اللون مسامى ترسب حول فتحات الينابيع أو داخل الكهوف الكارستيه فى شكل أعمدة صاعدة stalactites أو نازلة stalagmites أو مائلة، وقد يظهر كاسيا جوانب وأرضية الكهوف ويعرف هنا باسم الترافرتين travertine.

أشكال وتراكيب الصخور الرسوبية :

(أ) التطابق : أهم ما يميز الصخور الرسوبية وجودها فى طبقات* متعاقبة من الصخر، ويوجد أيضا ما يعرف بالتطابق الكاذب فى حالة الشواطئ البحرية والنهرية، وذلك بسبب تعرضها لتغير مستمر فى قوة التيارات واتجاهاتها وقت تكوينها.

(ب) العلامات التموجية (النيم) : وتنتج عن الرياح والأمواج وعادة ما تكون عمودية على اتجاه حركة الرياح والماء.

(جـ) طابع نقط المطر : تظهر على الرواسب نتيجة سقوط الأمطار ثم تماسكها بعد مرور الوقت.

(ء) تشققات الطين : تنتج بسبب انكماش السطح مع التجفيف، وتختلف فى عنقها وشكلها وأطوالها وكثيرا ما تظهر على هوامش السبخات، فقد أظهرت دراسات (كليو ١٩٨٩) لخبرة الرتقة بالكويت

(*) تعنى الطبقة : سمكا متجانسا من المواد الرسوبية له سطحان متوازيان تقريبا. يختلف هذا السمك من رقائق إلى عدة أمتار كما تختلف من حيث دقة حبيباته أو خشونتها أو لونها وتركيبها الكيماوى.

أن تشققاتها الطينية قد حدثت على الأطراف باتجاه المركز، وهذا ما يحدث فى السبخات ذات الترسيب الطينى الحديث.

ثالثا: الصخور المتحولة Metamorphic

تنشأ الصخور المتحولة عن تحول الصخور الرسوبية أو النارية تحت تأثير الحرارة والضغط والسوائل الحارة التى تنتهى بها إلى صور صخرية تختلف عن الأولى فى شكل تركيباتها وتكوينها المعدنى.

ويعنى التحول metamorphism ببساطة حدوث تغير فى الشكل نتيجة للعوامل السابقة والتى أثرت على تكوينات الصخر وتركيبه بحيث قد تحتوى الصخور المتحولة على معادن لا توجد فى الصخور الأصلية.

ويتم التحول بثلاثة طرق رئيسية :

أ - **التحول الحرارى** : حيث تسبب الحرارة الشديدة فى أعماق معينة من القشرة مع ما تحمله من سوائل حارة إلى تحول الصخور وإعادة تبلورها تبلورا جزئيا أو كليا، ويعرف هذا التحول بالتحول الحرارى thermal metamorphism.

ب - **التحول الاحتكاكى contact.m.**: ويحدث ذلك عندما تتدفق الماجما من باطن القشرة وتحتك بالصخور المحيطة بها، وتسبب إعادة تبلورها مع إعادة تلاحمها، ومن الصخور التى تحولت بهذه الطريقة الهورنفلس hornfels وهى عبارة عن صلصال أو طفل متحول نتيجة تماس أو احتكاك حرارى، أى حرارة عالية وضغط معتدل ويتميز بلونه الداكن ويحدث رنينا عند اصطدامه بصخر آخر؛ ولذلك يعد من الصخور الرنانة.

جـ - **التحول الديناميكى** : وينتج عن حدوث تحركات فى الصخور نتيجة لشدة الضغط الواقع عليها، ومن الصخور التى تحولت بهذه الطريقة الإردواز slate وينتج عن تحول الطفل وهو ذو بنية طباقية ورقية أخذها من الصخر الأصلى الذى تحول عنه ولونه رمادى ضارب إلى الزرقة.

وعندما تتعرض منطقة واسعة للضغط الشديد يصحبه ارتفاع فى درجة الحرارة وخروج الماجما، يطلق على هذه العملية فى هذه الحالة التحول الإقليمى regional metamorphism.

والواقع أن التكوين المعدنى للصخور الأصلية يحدد نوع الصخر المتحول والذى يعد الكوارتزيت أكثرها شيوعا، وقد تحول أساسا من الحجر الرملى وكذلك الرخام الذى تحول من الحجر الجيرى، والنايس والشست وهما متحولان عن الجرانيت، والأخير منها (الشست) يتكون من فلسبار وميكا، ومكسره مموج وسطحه غير مستوى وتسمى هذه الخاصية بالبنية الشستية schistosity وهناك أنواع للشست منها الميكاشست ويتركب أساسا من صفائح الميكا والهورنبلند شست وهو عبارة عن هورنبلند وكوارتز ولونه داكن، أما النايس فهو أكثر تحببا من الشست وهو عبارة عن خليط معقد من الصخور يطلق عليه ميجماتيت migmatite وهو عادة أغنى فى الفلسبار من الشست ويحتوى على الميكا أو أحد المعادن الداكنة.

وهناك أنواع من النيس مثل السنيس المسكوفيتى ،والنيس الجرانيتى، والنيس الهورنبلندى، ولكل نوع منها خصائصه المميزة (أحمد مصطفى، ١٩٩٠، ص ٦٤).

ويعد الكوارتزيت من الصخور التى نتجت عن تحول صخور رسوبية تحتوى على الكوارتز مثل الصخور الرملية والصوان التى تختلف فى درجة تبلورها وصلابتها، ويتكون الكوارتز نتيجة لإعادة تبلور معادن هذه الصخور بسبب عمليات التحول الاحتكاكى (التماسى) أو الديناميكى، ويختلف لون صخر الكوارتزيت من القرمزى إلى الأحمر وذلك بسبب وجود شوائب من أكاسيد الحديد، ويكون الكوارتز نحو ٩٨٪ من مكونات الكوارتزيت ويتميز بالصلابة وقدرته على مقاومة التآكل، لذلك يستخدم فى كثير من المنشآت الهندسية، كما تستخدم الأنواع النقية منه فى صناعة الزجاج وغيرها (فخرى موسى وزملاؤه، ١٩٦٨، ص ٩٠).

الحركات التكتونية بالقشرة الأرضية :

(طبيعتها ـ أسبابها ـ الظاهرات الناتجة عنها)

من الحقائق المعروفة منذ فترات زمنية بعيدة نسبيا أن درجة الحرارة تزداد بالتعمق فى القشرة الأرضية، وإذا كان هناك تدرج حرارى بالزيادة قد ظهر خلال القياسات التى تمت بالمناجم العميقة وقدر بنحو درجة مئوية واحدة كل ٣٠مترا، فإن هذا التقدير فى الواقع يختلف من منطقة إلى أخرى وخاصة مع اكتشاف دور النشاط الإشعاعى للمواد المعدنية المشعة radioactive substances فى توليد الحرارة مما يجعل الباب مفتوحا أمام الدراسات المستقبلية للكشف عن طبيعة هذا الموضوع والخاص بحرارة باطن الأرض وما يرتبط بها من عمليات باطنية تنعكس على القشرة الأرضية .

وفى الصفحات التالية دراسة عن الحركات التكتونية وأثرها فى تشكيل سطح الأرض.

أولا : البركنة والأشكال البركانية

Volcanism and Volcanic forms:

١ ـ البركنة :

تأخذ البركنة عدة أشكال تتضمن كلها خروج الصخور المنصهرة والغازات والمواد الصلبة إلى سطح الأرض بالقارات وقيعان الأحواض المحيطة، وتشتمل المواد الخارجة على رماد بركانى volcanic ash يترسب فى أشكال تتراوح بين فرشات لافية lavasheets واسعة ومخاريط بركانية volcanic cones بأبعادها وأشكالها المختلفة.

والمصدر الرئيسى للمواد المنصهرة يتمثل فى النطاق الأسفل من القشرة الأرضية أو الحد الأعلى من طبقة المانتل حيث تكون الصخور فى حالة مرنة وعندما تتحول إلى حالة سائلة تتمدد وتتطلب مع تمددها حيزا أكبر مما يدفعها إلى الخروج إلى أعلى عبر مواضع الضعف من تشققات وصدوع تقع أعلاها، فإذا ما وصلت المواد المنصهرة (الماجما) وما يصاحبها من غازات ومواد صلبة إلى السطح خلال أعناق البراكين أو الشقوق السطحية يحدث الاندفاع البركانى أو الطفح

اللافى lava erruption ، ويعتمد نوع الخروج أو الطفح البركانى على درجة الحرارة ومكونات الصهير، وكمية الغازات والمواد الصلبة، واتساع الشقوق والفتحات التى تتحرك خلالها هذه المواد المنصهرة، وكذلك درجة لزوجة الصهير والضغط المصاحب له، أما عن خصائص المواد ما بين صلب وسائل وغاز، بالنسبة للمواد البركانية الصلبة التى تتكون منها الصخور البركانية فهى فى الأصل عبارة عن مواد سائلة ولكنها تبرد وقد تتجمد فى عنق البركان أو على السطح، وعندما تتجمد فى العنق تندفع بعد ذلك فى حالة حدوث نشاط بركانى ثانى، فتخرج بعنف فى شكل مقذوفات بركانية، وقد يصل حجم بعض هذه الكتل أو المقذوفات إلى عشرات الكيلوجرامات، وقد تتكون رغوة من صهارة سيليكية تتخللها غازات، وعندما تتجمد تتحول إلى صخر غنى بالمسام فى نسيج إسفنجى يعرف بحجر الخفاف pumice.

أما المواد السائلة (اللافا أو اللابا) فتخرج من فوهة البركان وتنساب على السطح لمسافات كبيرة نسبيا، يخضع انسيابها إلى عدة عوامل: أهمها طبيعتها وقوة اندفاع البركان وانحدار الأرض، وتتراوح درجة حرارتها عند خروجها مباشرة ما بين ٨٠٠ و ١٢٠٠° تنخفض حرارتها كلما ابتعدت عن الفوهة كما تزداد درجة لزوجتها إلى أن تتصلب وتتحول إلى صخور بركانية تتراكم بعضها فوق بعض حول البركان (شكل رقم ٣).

وتصحب البركان غازات تنبعث من الفوهة ومن الشقوق المجاورة أكثرها شيوعا بخار الماء الذى يتكاثف فى الجو ويسقط أمطارا عقب الانفجار البركانى تختلط هذه المياه أحيانا بالرماد البركانى فتسبب تدفقات طينية تكون مدمرة للمراكز العمرانية القديمة كما حدث فى الفلبين ١٩٥٢ عقب انفجار البركان قرب مدينة مانيلا، ومن الغازات الأخرى ثانى أكسيد الكربون والأيدروجين وثانى أكسيد الكبريت والكلور والنتروجين.

٢ ـ أنواع البراكين :

تتوقف أنواع البراكين على نوع المواد الصخرية المنبعثة منها وعلى كيفية خروجها، فكلما انخفضت نسبة السيلكا كانت اللافا أكثر سيولة مما يعطيها القدرة على الانسياب السطحى لمسافات بعيدة، ويحدث العكس عندما ترتفع بها نسبة

السيلكا وتصبح اللافا حينئذ حمضية ولزوجتها مرتفعة فتبرد بسرعة وتتراكم بالتالى متجمدة فى أقرب مكان من فوهة البركان التى خرجت منها.

وأهم أنواع البراكين كما يوضحها الشكل رقم (٣) :

أ - نوع هاواى :

وهو نوع هادئ نسبيا يعطى مظهرا شبيها بالقبو الضخم مع ظهور ملامح ترتبط بالصخور البازلتية، وعادة ما تعلوه بحيرة لافية تتمثل فى فتحة بركانية متسعة، وتخرج اللافا فى هذا النوع من البراكين من الفوهة الرئيسية للبركان ومن فتحات وشقوق تظهر على جوانب البركان (شكل ٣).

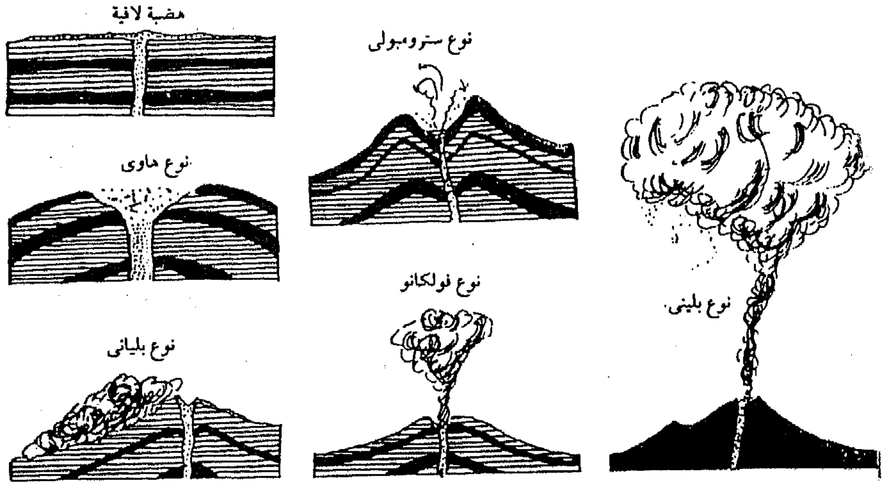
وقد تكونت جزر هاواى بهذه الطريقةحيث تمثل جزءا من سلسلة براكين وسط المحيط الهادى تشكل معظمها من طفوح بركانية بازلتية خرجت من خلال الشقوق المنتشرة على قاع المحيط الهادى.

وأشهر وأبرز البراكين فى جزر هاواى بركان مونالوا بارتفاع ٤١٦٨ مترا فوق مستوى سطح البحر مع امتداد جذوره فى قاع المحيط حتى عمق - ٤٦٠٠متر، وكذلك بركان موناكيا الذى يعد من البراكين الرئيسية بجزر هاواى كما يتضح ذلك من شكل(٣).

وتمتاز اللافا فى بركان هاواى بسيولتها الشديدة وذلك بسبب انخفاض نسبة السيلكا بها، وارتفاع درجة حرارتها إلى ١٢٠٠ درجة مئوية وقوة الغازات المصاحبة مما يقلل كثيرا من حدوث الانفجارات المصاحبة لخروج اللافا من البراكين، وعندما تطفح فوهة البركان تنساب اللافا على الجوانب لمسافات تتراوح ما بين ٤٠ و ٨٠ كيلو متر بسرعة انسياب سطحى تتراوح ما بين ٢٠ و ٣٠ كيلو متر فى الساعة.

ب - نوع سترومبولى :

نسبة إلى بركان بهذا الاسم فى جزر ليبارى بإيطاليا، ويتميز هذا النوع من البراكين بعنف اندفاع اللافا من فوهته أثناء نشاطه، وذلك بسبب حموضتها الزائدة



أشكال البراكين الرئيسية فى العالم

شكل رقم (٣)

الناتجة عن ارتفاع نسبة السيلكا بهـا إلى جانب ما بها من غازات وقد نتج عن ذلك تراكم اللافا قرب جسم البركان لصعوبة انسيـابها بسبب لزوجتها الزائدة، بجانب ما يرتبط بالنشاط البـركانى من انفجـارات متقطعة وخـروج مقذوفات بركـانية بشكل عنيف ومدمر مع تكون رغاوى اللافا المكونة لصخر الخفاف.

جـ ـ فولكانو :

يوجد كـذلك فى جزر لـيبارى الإيطالـية يشبـه النمط السـابق فى كثـير من الخصائص، وقد حدث آخر انفجار له فى سنة ١٨٨٨ ، وقد نتج عن هذا الانفجار إزالة فوهة البركان وانسياب لافا لزجـة تجمدت سريعا قرب الفوهة، وأهم الملامح الناتجة عن هذا النمط البركانى جـبال بركانية ذات قمم مخروطيـة مثل جبل فوجى ياما البـركانى باليـابان، وفيزوف فى إيـطاليا، وهوود Hood فى ولاية أوريجـون الأمريكية ومايون فى الفلبين وكلها نماذج بركانية كلاسيكية.

د ـ نمط بيلى Pelean Type:

أكثر أنواع البراكين تدميرا حيث تندفع منه لافا مختلطة برماد بركانى وغازات مشتعلة تندفع بسرعة على الجوانب وإلى أعلى فى شكل سحابة متوهجة، وقد أخذ هذا الاسم من جبل Pelee بجزر المارتنيك بالبحر الكاريبى والذى انفجر فى عام ١٩٠٢ ودمر مدينة سانت بيير وقتل أكثر من ٣٠ ألف نسمة فى خلال دقائق قليلة (Gardner, J, 1977, p 439).

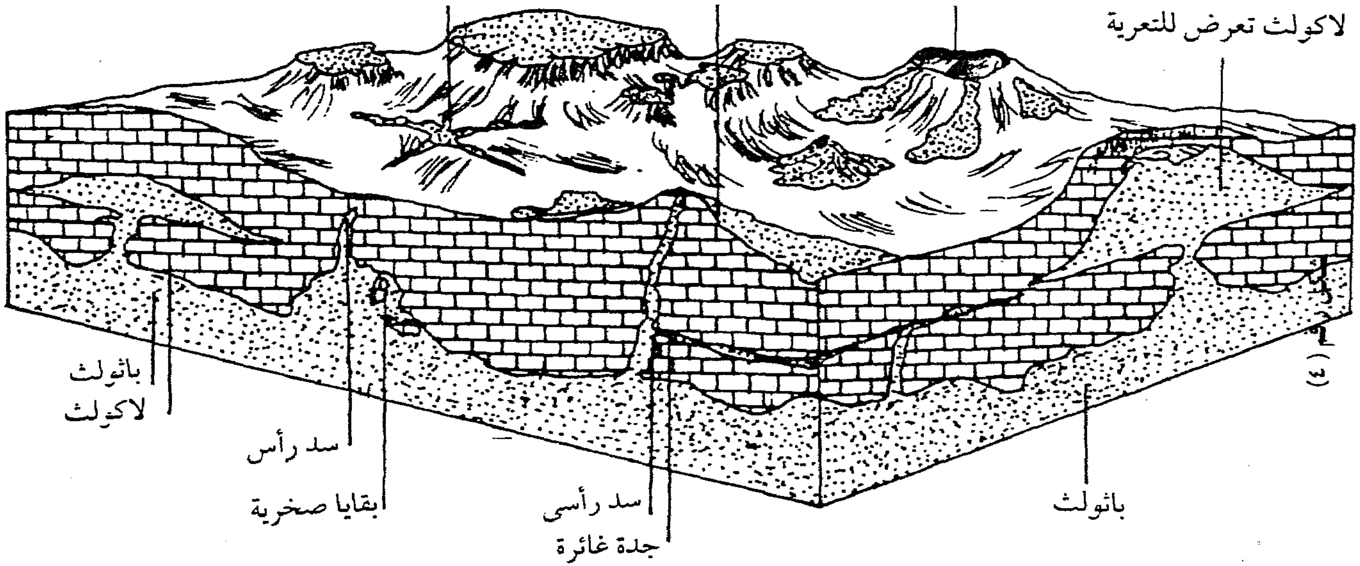
٣ ـ الأشكال البركانية :

هناك علاقة قوية بين الأشكال البركانية السطحية، وتلك الأشكال تحت السطحية والتى نتجت بدورها عن تداخل الماجما بين الطبقات الصخرية كما يتضح ذلك من الشكل رقم (٤) الذى يبين الظاهرات البركانية السطحية ومنها بركان مع انسياب اللافا على جوانبه وتظهر به كذلك كالديرا caldera مع وجود مخروط بركانى داخله تكون فى مرحلة لاحقة، وقد نشأت الكالديرا عن شكل مخروط تعرض للتحطم بسبب تتابع الانفجارات البركانية وخروج اللافا بشكل عنيف أدى إلى تقويض قمة البركان ثم تكون المخروط الداخلى الجديد حيث نشط البركان من جديد، وقد تصبح الكالديرا موضعا لبحيرة مثل بحيرة توبا شمال جزيرة سومطرة.

ويظهر من الشكل كذلك بعض الميسات meses والتلال الصغيرة التى تغطيها اللافا وتبدو مستوية القمم.

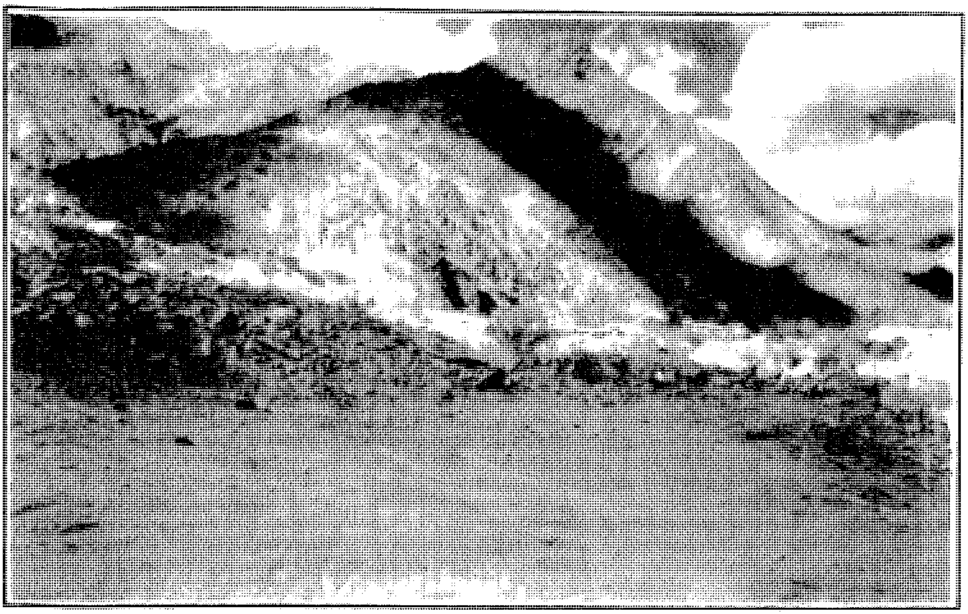
ومن الظاهرات التى يبرزها شكل (٤) بعض الأشكال البركانية الغائرة منها الجدد الغائرة sills وتعرف كذلك بالسدود الأفقية حيث تمتد فى شكل تداخل نارى أفقى بامتداد سطح الطبقية bedding-plane فيما بين الطبقات الرسوبية والحواجز الصخرية dykes التى تعرف بالسدود الرأسية، كما يتضح ذلك من الصورة رقم (١) وتظهر عندما تتداخل الصخور النارية متقاطعة مع سطح الطبقات فى وضع رأسى أو مائل inclined وتظهر أيضا من الشكل كتلتان من اللاكولث laccolith العدسية الشكل(*) واحدة منهما تحت سطحية والثانية قد انكشفت على السطح بفعل عمليات التعرية المختلفة.

* تعرف أحيانا بالسام الغائر أو كتل الأعماق وهى عبارة عن كتلة ضخمة من الماجما المتصلبة غالبا ما تمثل جذورا جبلية تتكون فى أغلب الأحوال من صخور الجرانيت.



شكل رقم (٤)

التداخلات النارية والملامح البركانية السطحية



صورة رقم (١)

وجدير بالذكر أن بعض الحواجز الصخرية الرأسية تبدو على السطح بعد إزالة عوامل التعرية للصخور الرسوبية - فى شكل عرق جبلى ridge أوفى شكل حافة ويحدث ذلك بسبب صلابته ومقاومته لعمليات التعرية، ولكن أحيانا عندما تتكون هذه السدود من صخور ضعيفة يكون من السهل تعريتها وتشكيل منخفضات ضحلة، ويعد المظهر الصخرى المعروف باسم برج ديفل Devil's Tower فى ولاية وايومنج الأمريكية نموذجا نادرا لجزء من لاكولث قد كشفته عمليات التعرية.

وجدير بالذكر أن التداخل النارى فى شكل جدد أو سدود لا يقتصر على الطبقات الرسوبية ولكن كثيرا ما تظهر على جوانب الجبال النارية الأقدم متخيرة الشقوق الضخمة أو مناطق الصدوع، وتظهر كثيرا على جوانب الجبال الأركية بالبحر الأحمر وشبه جزيرة سيناء وعادة ما تكون ذات لون داكن بالمقارنة بالصخور الأقدم التى تحيط بها.

ومن مظاهر الطفوح البازلتية البركانية ما تعرف بالأرصفة اللافية lava-platforms وتنتج هذه الأرصفة من التدفق المتتابع للتكوينات البركانية المنصهرة وذلك من خلال الشقوق العديدة التى توجد فى مناطق كثيرة من القشرة الأرضية، ويبدو الرصيف اللافى أقرب ما يكون إلى الشكل الهضبى حيث يصل سمك بعض هضاب اللافا إلى أكثر من ٢٠٠٠ متر، وذلك فى هضبة الدكن قرب مدينة

بومباى بالهند، وفى هضبة كولومبيا وسنيك شمال غرب الولايات المتحدة وتقترب مساحتها من نصف مليون كيلو متر مربع وكذلك فى مناطق من هضبة جنوب إفريقيا وفى هضبة الحبشة وأجزاء من غرب الجزيرة العربية.

وتظهر الطفوح البازلتية فى مصر فى منطقة أبو زعبل وعلى طول طريق القاهرة السويس، وفى بعض المناطق الأخرى فى سيناء والصحراء الغربية فى منخفض الواحات البحرية وأجزاء من هضبة الجلف الكبير.

وجدير بالذكر أن للطفوح اللافية البازلتية أهمية كبرى خاصة بعد تجويتها ونحتها ونقلها بواسطة عمليات التعرية وخاصة النهرية، حيث تعتبر من أفضل الصخور المكونة للتربة الزراعية، ومثالنا فى ذلك تربة وادى النيل فى مصر التى نقلت فى معظمها من هضبة الحبشة عبر النيل الأزرق والسوباط والعطبرة.

ثانيا الزلازل Eartgquakes :

تعريفها : عبارة عن اهتزازات مباغتة وقوية لقشرة الأرض تنتج بفعل التحرر السريع للطاقة المتجمعة فى الصخور، وتتشعع هذه الطاقة من مصادرها أو من بؤرتها focus فى كافة الاتجاهات، وبصفة عامة فإن كل اهتزاز طبيعى يحدث فى سطح الأرض مهما كانت قوته يمكن اعتباره زلزالا.

أنواعها : أهم أنواع الزلازل ما يعرف بالزلازل التكتونية أو الزلازل البنائية وهى من أكثر أنواع الزلازل قوة وتدميرا.

وتنتج هذه الزلازل أساسا بسبب تحرك الصفائح التكتونية tectonic plates التى يتألف منها سطح الأرض بالنسبة لبعضها البعض، وذلك فوق الطبقة المنصهرة جزئيا من المانتل، وتحدث الحركة على طول الحدود الفاصلة بين هذه الصفائح متقاربة أو متباعدة أو متحركة بالتماس مما يسبب اضطرابا فى باطن الأرض ينعكس على القشرة فى شكل تشققات واندفاعات بركانية وزلازل وحركات رفع وحركات هبوط.

وفى حالة تعرض الصفائح أو قطاعات منها إلى أية حركات (خاصة عندما تكون حركة التقاء) يؤدى ذلك إلى تعرضها لقوى ضغط وقوى شد ينتج عنها كميات ضخمة من القوى المبذولة فى ذلك، تتحول إلى طاقة حركية تتحرك فى شكل موجات منتشرة فى جميع الاتجاهات وهى ما تعرف بالموجات الزلزالية التى يتسبب عنها اهتزاز لقشرة الأرض تتناسب قوته مع شدة طاقة الموجات المرتبطة بشدة الضغط أو الشد Tension.

وجدير بالذكر أن الزلزال الذى تعرضت له الأراضى المصرية فى ١٢ أكتوبر ١٩٩٢ من هذا النوع التكتونى، وقد كانت قوته نحو ٥ $\frac{1}{2}$ بمقياس ريختر وهى قوة مدمرة تسببت كما نعرف فى حدوث تشققات أرضية وهبوط أرضى subsi-dence، مثلما حدث فى منطقة العياط وغيرها من مناطق وتهدم مبانى فى مناطق مختلفة فى مدينة القاهرة وغيرها من معظم المدن المصرية(*).

والزلازل كما نعرف فجائية وقوية حيث إن للصخور طريقتها الخاصة فى اختزان الطاقة وإطلاقها بشكل فجائى، ففى حالة تعرض القشرة لفترة طويلة إلى قوة ما تسبب لها إجهادات stresses، فإن تلك الإجهادات أو الضغوط تؤدى إلى تشقق الصخر واندفاع الكتل المجاورة فى اتجاهات مضادة أفقية ورأسية مما يجعلها تتحرر (عند حدوث التكسر) من الطاقة التى اختزنتها لتهتز الأرض، ويمكن أن يصاحب الاهتزاز تشققات أخرى لتتولد اهتزازات خلال ساعات أو أيام بعد الهزة الأولى، وفى حالة تحرك الصخور مرة أخرى على جوانب الانكسارات تتولد اهتزازات هى التى عرفناها باسم التوابع الزلزالية(*).

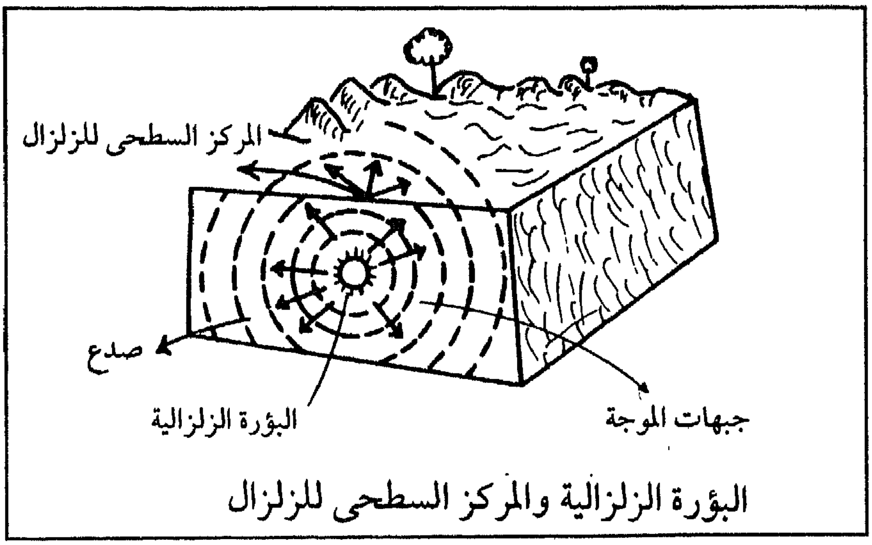
ومن الأنواع الأخرى للزلازل: الزلازل البركانية وتحدث مصاحبة للانفجارات البركانية وإن كان ليس شرطا أن كل انفجار بركانى يصاحبه اهتزازات أو زلازل وإذا ما حدثت فهى ضعيفة بشكل عام وتتميز بالصفة المحلية أى قرب منطقة الانفجار البركانى ولا تبتعد كثيرا عنها.

وهناك زلازل الانهيارات mass wasting earthquakes وهى من الأنواع نادرة الحدوث تنتج عادة عند حدوث انهيار سقف أحد المناجم وخاصة تحت الأرضية أو الباطنية، وقد يحدث زلزال بسبب انهيارات أرضية مثلما حدث فى بيرو سنة ١٩٧٤ حيث تعرضت لانهيارات أرضية وتدفقات طينية عنيفة على طول وادى نهر مانتارو، وقد يكون الإنسان من أسباب حدوث الزلازل من خلال التفجيرات النووية تحت الأرض.

الموجات الزلزالية Seismic Waves:

تتولد موجات زلزالية اهتزازية عند حدوث زلزال فى نقطة ما من الأرض تنتشر فى جميع الاتجاهات مبتعدة عن موقع الزلزال (شكل ٥).

(*) تعد منطقة دهشور - جبل قطرانى مركزا للزلزال وفقا لبيانات مرصد العلوم الفلكية والجيوفيزيقية، وقد ظهرت دلائل بهذه المنطقة ارتبطت بالزلزال أهمها تشققات أرضية برواسب البحيرات شرق وجنوب قصر الصاغة وكذلك بمنطقة كوم أوشيم. كذلك وجد شق ممتد لمسافة كيلو متر واحد فى دهشور شمال هرم أمنحتب الثالث حدث اندفاع للمياه فى أطفيح ومنية الصف وغيرها.



شكل رقم (٥)

وقد قسمها علماء الزلازل Seismologists إلى ثلاثة أنواع :

أ - الموجات السطحية :

وهى الموجات المدمرة المصاحبة للزلزال وتجتاز من المركز السطحى للزلزال متحركة فى مجال متعرج على سطح الأرض بسرعة نحو ٤ كم / ثانية.

ب - الموجات الطولية :

وهى تشبه الموجات الصوتية، وتنتقل فى جميع الأجسام وتتراوح سرعتها ما بين ٥,٥ و ١٣ كم/ثانية وهى أول ما يصل إلى سطح الأرض.

جـ - الموجات المستعرضة :

وهى أمواج اهتزازية تنتشر متعامدة على الموجات الطولية، ويمكن تشبيه كيفية حدوث الاهتزازات الأرضية بانفجار يحدث تحت سطح الأرض تنبعث منه تموجات سطحية فى شكل دوائر تتسع وتضعف (تخفت) بالبعد عن المركز، وتضعف كل الاهتزازات بعد انتهاء الانفجار لفترة تتناسب مع قوته.

طرق قياس شدة الزلزال :

من المقاييس القديمة للزلازل ما قام به جيبسيه ميراكللى عام ١٩٠٢ لقياس شدة الزلزال من خلال مقياس وصفى تختلف خلاله شدة الزلزال حسب البعد أو القرب من البؤرة الزلزالية، ويتألف هذا المقياس من ١٢ درجة (راجع بالتفصيل، على موسى، ١٩٩٠، ص ٣٣، ٣٤).

جدول (٣) شدة الزلزال تبعا لمقياس ريختر

درجات ريختر	شدة الزلزال
٢,٥ فأقل	لا يشعر به الإنسان (غير محسوس)
٤,٥	ضرر محلى محدود
٦	يدمر المناطق المزدحمة بالسكان
٧	أضرارها ضخمة جدا تحدث بمعدل ١٠ مرات كل سنة
أكثر من ٨	زلازل ضخمة وغاية فى التدمير تحدث مرة (فى فترة تتراوح ما بين ٥ ـ ١٠ سنوات)

ومن الأجهزة واسعة الانتشار حاليا مقياس ريختر Richter المستخدم فى قياس درجة شدة الزلزال وهو مقياس لوغاريتمى، ومعنى ذلك أن تزايد درجة فى المقياس يقاربها زيادة فى حركة الأرض عشر مرات، وانطلاق طاقة أكبر بـ ٣٠ مرة وهكذا.

وزلزال قدره ٦,٥ ريختر سيطلق طاقة أكبر بـ ٣٠ مرة من زلزال ٥,٥ ريختر وأكبر من زلزال ٤,٥ ريختر بـ ٩٠٠ مرة. وزلزال رئيسى قدره ٨,٥ يطلق طاقة أكبر بحوالى مليون مرة من طاقة يطلقها زلزال ضعيف يشعر به الإنسان (زلزال محسوس).

مناطق الزلازل الرئيسية وآثارها الجغرافية :

يحدث على سطح الأرض سنويا أكثر من مليون زلزال، ولكن الذى يسبب ضررا منها لا يزيد لحسن الحظ على ٧٠٠ زلزال وعادة ما تكون المدن أو القرى القريبة من المركز الزلزالى السطحى Epicenter. أكثر المدن تأثرا بالاهتزازات، ويسمى الجهاز الخاص بقياس الزلازل بالسيسمومتر Seismometer وعادة ما توضع هذه الأجهزة عند قيعان المناجم القديمة أو الآبار وتثبت بأمان على صخور صلبة، وقد تطورت هذه الأجهزة فى الوقت الحاضر وأصبحت إلكترونية بدلا من الأجهزة القديمة التى تعتمد على الحركة الميكانيكية.

ترتبط الزلازل عادة بمناطق الضعف وعدم الاستقرار من القشرة الأرضية التى تمتد على طول الحدود الفاصلة بين الألواح التكتونية ومناطق الصدوع، وعلى ضوء ذلك يوجد حزامان رئيسيان يضمان داخلهما نحو ٩٠٪ من جملة عدد الزلازل التى تتعرض لها الأرض، الأول وهو حزام الحلقة النارية حول المحيط الهادى وبها نحو ٧٠٪ من جملة الزلازل، ثم الثانى ويتمثل فى حزام الالتواءات الألبية فى أوربا حتى جنوب شرق آسيا ويضم نحو ٢١٪ من زلازل العالم، إلى جانبهما توجد

مناطق أخرى من سطح القشرة الأرضية تتعرض لهزات زلزالية بدرجات مختلفة مثل منطقة الصدع الإفريقى الأخدودى ومناطق الضعف بالمحيط الأطلنطى.

أما عن الآثار الجغرافية للزلازل فهى فى الواقع آثار تدميرية فى معظمها تتمثل فى حدوث إزاحات رأسية وأفقية للقشرة الأرضية وخاصة فى الجزء من الأرض الواقع فوق البؤرة الزلزالية، ومن شأن هذه الإزاحات تحطيم الطرق وتدمير الجسور النهرية وانهيار المنشآت بشكل عام.

ومن الآثار الجغرافية أيضا حدوث انهيارات أرضية وتشققات فى قشرة الأرض يتولد عنها بالطبع انهيارات فى صخور المناطق الجبلية تصاحبها مشاكل بيئية لا حصر لها من تدمير المراكز العمرانية وغمر وإتلاف الأراضى الزراعية وغيرها من آثار تخريبية، ومثال ذلك ما حدث من انهيارات أرضية عقب زلزال هيمالايا ١٩٥٠، ومن أمثلة التشققات الأرضية التى تحدثها الزلازل التشققات التى صاحبت زلزال.كاليفورنيا عام ١٩٤٠ فى وادى إمبريال حيث وصل الانزياح الأفقى للأرض ٤,٥ متر والشقوق والهبوط الأرضى بالعياط وغيرها من المناطق عقب زلزال ١٩٩٢، ومن الآثار الأخرى للزلازل ما تتعرض له بعض المناطق من سواحل العالم من طغيان مياه البحر فى شكل أمواج مدية عنيفة (أمواج التسونامى) وهذه الظاهرة تحدث عندما تتعرض قيعان المحيطات لزلازل عنيفة.

ويتسبب عن هذه الأمواج تدمير كامل للمنشآت الساحلية حيث ترتفع المياه لأكثر من ستة أمتار مندفعة بعنف نحو الداخل، من هذه السواحل التى تتعرض لظاهرة تسونامى سواحل اليابان والألسكا وفى جزر هاواى التى تعرضت لأمواج تسونامى فى أعقاب حدوث زلزال فى ٢٩ أكتوبر ١٩٧٥ وارتفعت المياه على سواحل جزيرة هيلو أربعة أمتار فوق مستوى المد العالى، ومن أشهر الزلازل التى تعرضت لها القشرة الأرضية زلزال الألسكا ١٩٦٤ ويعد من أكثر الزلازل قوة وتدميرا ويسمى زلزال جود فرايداى Good-friday ما بين ٨,٤ و ٨,٦ حسب مقياس ريختر واستمر من ٣ إلى ٤ دقائق وقد نتج عنه تخريب ولاية ألاسكا فى الجوانب الاقتصادية والعمرانية ومات العشرات بجانب الآلاف من المشردين.

- زلزال جواتيمالا إحدى جمهوريات أمريكا الوسطى، وقد حدث ذلك الزلزال وقوته ٧,٦ ريختر فى عام ١٩٧٦ وتسبب فى قتل أكثر من ٢٢ ألف شخص وإصابة أكثر من ٧٠ ألفا، وقد حدث نتيجة لتمزق كتلى بين الصفيحتين الأمريكية الشمالية والكاريبية، وقد صحبته عدة تشققات أرضية.

ـ زلزال أرمنيا السـوفيتيـة سابقا، وحدث فى ١٩٨٨ حـيث تقع هذه المنطقة بين لوحين تكـتونيين الأول اللوح الروسـتى والثانى الهندى، أى أنهـا فى منطقة عدم استقرار وقد وصلت قوة هذا الزلزال إلى ١٠ ريختر هز منطقة مساحتها كبيرة في دائرة نصف قطرها ٨٠كم وأدى إلـى مقـتل ما يزيـد على ٥٥ ألف نسمـة مع تدمير للمـبانى وتشريد وتضرر أكثر من ٧٠٠ ألف نسـمة (على موسى، ١٩٩٠، ص ٩٢).

ومن الزلازل الأخـرى وخاصـة فى المنطقة العـربية أو القـريبة منهـا زلزال الأصنام عام ١٩٥٤ بالجزائر بقوة نحو ٨ ريختـر وذهب ضحيته ١٤٠٠ قتيل وألف جريح وزلزال أغـادير بالمغرب عام ١٩٦٠ وكـانت قوته ٧,٥ ريختـر وقد أدى إلى تدمير المدينة تدميرا كاملا.

ومن الزلازل أيضا والتى تعـرضت لها مصر أخيـرا زلزال ١٢ أكتوبر ١٩٩٢ وما تسـبب عنه من مقتـل أكثر من ٥٠٠ شـخص وتدمير عـدد كبيـر من المنشآت وإتلاف العديد من المبـانى وحدوث تشققـات فى سطح الأرض وهبوط أرضى فى المناطق القريـبة من المركز الزلزالى السطحى قـرب دهشور، وقـدبلغت شدته ٥,٣ بمقياس ريختر، وكـان مركزه عند خط عرض ٢٩,٨° وطول ٣١,١° وعند عمق ٢٥ كم، وذلك إلى الشمال الشرقى من جـبل قطرانى، وذلك على صدع يتجه بزاوية ٥٦° شمالا بغرب، ويعتقد أن النشاط الزلزالى له علاقة بإعادة تنظيم وترتيب وضع الصخور الرسـوبية فوق مركـز الزلزال والتى تأثرت بحركة الصخـور السفلى على الصدع، وقد نتج عن ذلك وفقا لتصور بعثة جامعة «هارفارد» الأمريكية أن منطقة الكتلة التى تحتوى على القاهرة والدلتا قد هبطت إلى أسفل.

ثالثا : الحركات الالتوائية Folding Movements :

تنتج الالتواءات عن تجعدات فى قشـرة الأرض يحدثها ضغط أفقى أو ضغط رأسى يأتى من أسـفل نحو سـطح الأرض، ولا تحدث الالتـواءات إلا فى المناطق الطبقية الرسوبية من القشرة الأرضية.

وقـد تعرض سطح الأرض خـلال فـترات عـديدة من تاريخـه الجيـولوجى لحركات التـوائية أنتجت السلاسل الجـبلية الضخمة التى تمـتد عادة فى أذرع طويلة لآلاف الكيلومتـرات مثل جبـال الهيمالايا وتيـان تشان وكوين لن بآسـيا، والألب

والألب الدينارية والكربات وبندس وطوروس بأوربا وتركيا والروكى وكسكيد بأمريكا الشمالية، والأنديس بأمريكا الجنوبية وأطلس بإفريقيا، وكل هذه الجبال المذكورة قد تكونت خلال الزمن الثالث خاصة فى عصر الميوسين الذى شهد العالم خلاله أكبر حركة بانية للجبال، وقد سبقتها حركتان قديمتان خلال عصور الزمن الجيولوجى الأول أقدمها تعرف بالحركة الكاليدونية نسبة إلى مرتفعات كاليدونيا شمال أسكتلندا، والثانية وتعرف بالحركة الهرسينية hercynian نسبة إلى جبال هارتز harz بألمانيا، ونظرا لقدم الحركتين وتأثر الجبال الالتوائية التى نتجت عنهما، فإنه من الصعوبة الآن تحديد وتتبع أبعاد هذه الجبال على الخرائط التضاريسية حيث تعرضت خلال تاريخها الطويل لعمليات التعرية المختلفة التى أدت إلى نحتها وتخفيض مناسيبها وتحويلها إلى أشكال هضبية أو سهلية منخفضة (راجع رأى هولمز فى كيفية نشأة الجبال الالتوائية، (صبرى محسوب ١٩٨٣، ص ص ١٧، ١٨).

١ ـ أجزاء **الالتواءات (الطيات)** كما بينها شكل (٥) :

أ ـ طول الطية : وهو عبارة عن امتداد الطية على طول خط المضرب.

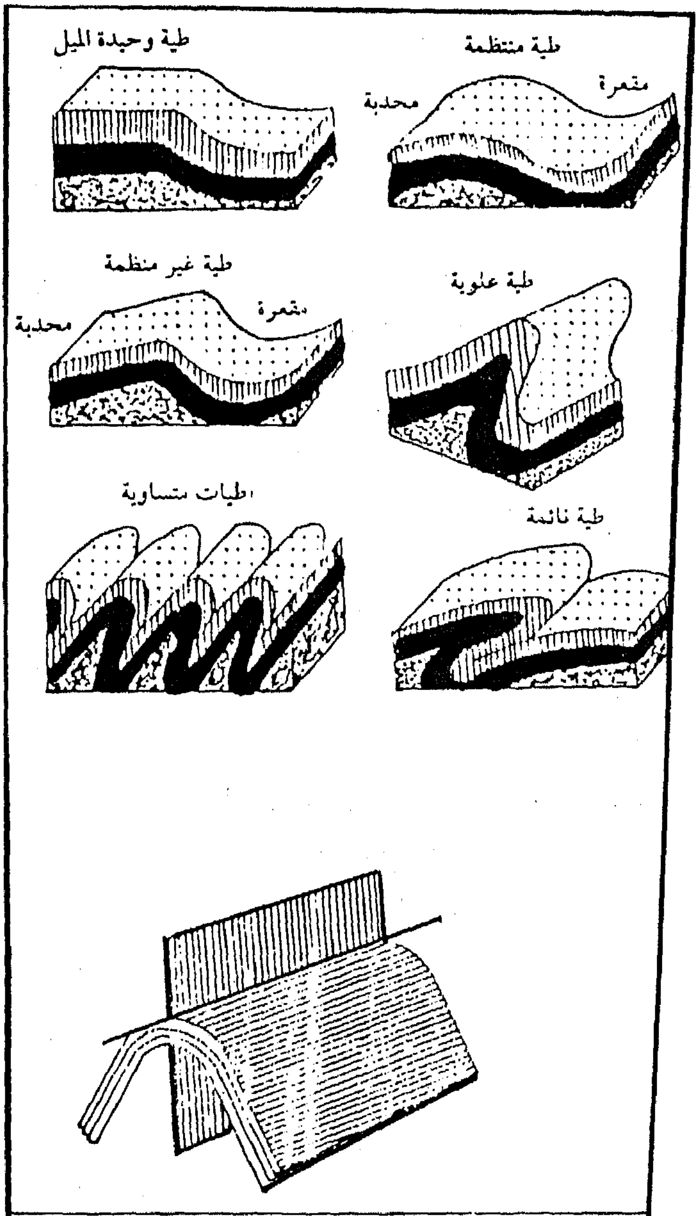
ب ـ عرض الطية : هو المسافة بين الطيات الملتوية فى اتجاه الميل.

جـ ـ سطح محور الطية : هو المستوى الذى يقسم الطية إلى جزءين متماثلين فى أغلب الأحوال وأحيانا ما يكون سطح محور الطية عبارة عن سطح منحنٍ يحدد اتجاهه بواسطة خطوط المضرب أو من خلال اتجاه ميل المحور.

د ـ محور الطية axis: هو الخط الناتج عن تقاطع مستوى المحور مع سطح الطبقة الملتوية.

هـ ـ خط المضرب : ويقصد به الخط الوهمى الذى يمتد متعامدا على اتجاه ميل الطبقات.

و ـ قمة الطية : هى نقطة تمتد أعلى منسوب من الطية المحدبة إلى جانب وجود قمة لكل طبقة من طبقات الطية المحدبة.



أنواع الطيات (الالتواءات) وأبعادها

شكل رقم (٦)

ز ـ **جناحـا الطيـة** : يقـصد بهـما الطبـقات المائلة على جـانبى السطح المحورى.

ح ـ **قاع الطية:** هو النقطة التى تمر بأدنى منسوب للطيـة المقعرة، ويوجد قاع لكل طبقة من طبقات الطية المقعرة.

أنواع الطيات :

عندما تتعرض الطبقات لضـغوط أقوى من حدود مرونتها **elastic limit** فإنها تتشكل ببطء فى صـورة التواءات أو طيات، وبتـمثل الأنواع الرئيسيـة للطيات فى ثلاثة :

أ ـ **الطيات وحـيدة الميل** Monoclines : وهى عبـارة عن طبقـات تميل مسافـة غير محـددة فى اتجاه واحد، ولا تكون ظاهريا جـوانب مؤكدة لتحـدبات وتقعـرات (شكل ٦) بمعنى آخر هى عبـارة عن التواء شـبه سلمى فى طبقات أفقية أو خفيفة الميل، ويتكون من تغير فى قيمة زوايا الميل من خفيف إلى أكثر ميلا، ومن أمـثلته فى مصر الطية وحيدة الميل التى تحتل منطقة أبـو سمرة والسيرة على السـاحل المتوسطى قرب رأس الضبعة، وتأخـذ اتجاها عاما من الشمال الشـرقى نحو الجنوب الغربى، وتنحدر انحدارا شديدا نحو الشمال، وقد أثرت كثيرا على خط الساحل بالمنطقـة حـيث انعـكست فى شكل جـروف تحت الأمـواج (صـبـرى محسوب ١٩٩٣).

ب ـ **الطيات المحدبة** Anticlines: وفيـه تتقوس الطبـقات إلى أعلى مع وجود الصـخور الأقـدم فى الوسط (شكل ٦) مع ميل جناحـيهـا نحو الخارج بعيدا عن المستوى المحورى.

جـ ـ **الطيات المقعرة** Synclines : يميل الجناحان نحو الداخل فى اتجاه المستوى المحورى وتظهر الطبقات الأحدث فى الوسط (شكل ٦).

وتظهر كل من الطيات المحدبة والمقـعرة تغيرات فى قممها وأحـواضها، فقد تظهران فى شكل منتظم بعض الشىء كطيات مقعرة أو محدبة منتظمة بحيث يكون

المستوى المحورى عموديا على المستوى الأفقى ويميل جناحاه بزوايا متساوية، وتكونان متساويتى الطول، وفى حالة ميل المستوى المحورى على المستوى الأفقى وبالتالى اختلاف زاويتى الجناحين، تظهر طيات محدبة ومقعرة غير منتظمة.

وتظهر أشكال أخرى من الطيات مثل الطية المقلوبة وفيها يزيد الميل فى أحد الأطراف على ٩٠ درجة بحيث يصبح أحد الطرفين أسفل الطرف الآخر.

والطية النائمة recumbent وفيها يصبح طرفاها فى وضع أفقى أو شبه أفقى، والطية النائمة المتصدعة overthrust وهى طية تعرضت للتصدع بسبب زيادة ميلها عن الوضع السابق مباشرة (شكل ٦).

وعندما تميل الطبقات من نقطة متوسطة فى جميع الاتجاهات ينتج عن ذلك بنية قبابية domal structure.

وجدير بالذكر أنه قد تظهر جبال تشكلت فى طيات مقعرة، بينما تظهر أحواض فى مناطق طيات محدبة حيث يسهل النحت فى مناطق الشد الصخرى على قمم الطيات المحدبة عكس منطقة الضغط الصخرى فى الطيات المقعرة حيث تضيق المسافات فى الصخور ويزداد تماسكها وتصبح أكثر مقاومة لعوامل التعرية المختلفة (صبرى محسوب، ١٩٨٣، ص ٢٠).

رابعا : حركات التصدع Faulting وأشكال الصدوع :

تعريف : تتسبب الصدوع عن قوى جانبية وقوى رأسية تنتج عن الضغط compreession أو الشد tension.

والصدوع عبارة عن تشققات فى قشرة الأرض، ويحدث بها تزحزح للطبقات موازية لسطح الكسر surface of fracture وتحدث فى كل أنواع الصخور، ولكنها تكون أكثر وضوحا فى الصخور الرسوبية الطبقية، وقد تكون الإزاحة لحوالى ملليمتر واحد فقط وقد تصل إلى كيلو مترات.

وعلى أية حال ليس من المستحيل تحديد ما إذا كان أحد جوانب الصدع قد استقر فى مكانه بينما الآخر قد تحرك، أو ما إذا كانا قد تحركا معا بشكل غير متساوٍ.

ويسمى السطح الذى حدثت على طوله الإزاحة displacement مستوى الصدع fault plane الذى قد يكون منطقة صخور مسحوقة، وإن كان نادرا ما يكون ناعما حيث عادة ما يحدث تفتت وسحق للصخور أثناء انزلاق الكتل الصخرية على مستوى الصدع الذى قد يمتد رأسيا أو مائلا.

أ ـ معدلات التصدع : تحدث الإزاحة من أقل من المتر حتى ١٢ مترا فى دقائق قليلة على طول بعض الصدوع، ففى وادى إمبريال بولاية كاليفورنيا الأمريكية حدثت إزاحة أثناء حدوث زلزال ١٩٤٠ وذلك لمسافة ١١ مترا.

وحدث كذلك فى وادى أوينز .Owens. V فى نفس الولاية إزاحة تراوحت ما بين مترين إلى ستة أمتار على طول مسافة ٦٠ كيلو متر وذلك أثناء حدوث زلزال فى ١٩٧٢.

وقد تحدث الإزاحة بشكل مستمر ولكنها تتم بمعدلات بطيئة فى عملية تعرف بزحف الصدع fault creep وعادة ما تستغرق الإزاحة فى الصدوع فترة زمنية طويلة.

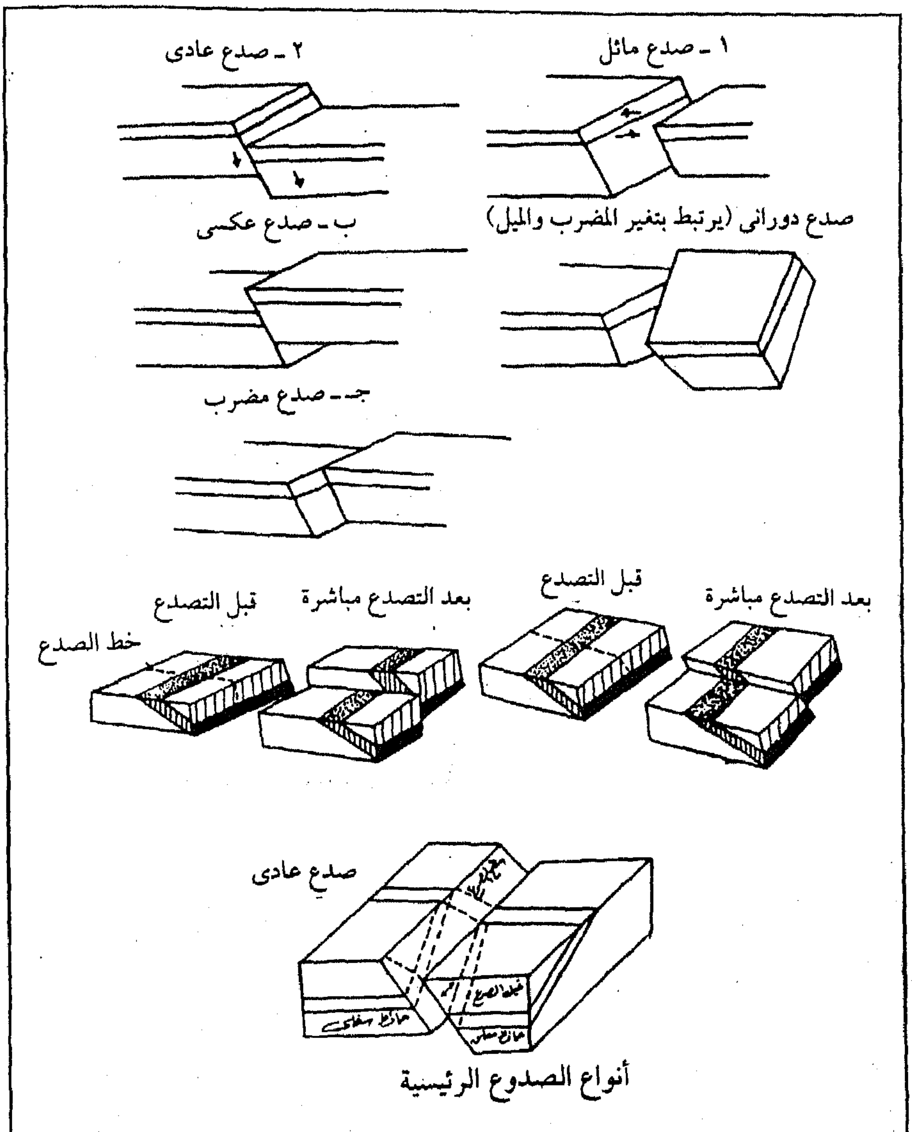
أنواع الانكسارات وبعض الأمثلة :

أ ـ أنواع الصدوع تبعا لنوع الحركات المسببة لها واتجاه حركة الكتل وأهمها :

١ ـ **الصدع العادى** normal fault : ويعرف بفالق الشد أو صدع الجاذبية وهو صدع ذو ميل كبير، وتكون الزحزحة الظاهرية للحائط العلوى إلى أسفل (شكل رقم ٧).

٢ ـ **الصدع المعكوس** reverse or thrust fault : ويعرف باسم صدع الضغط وفيه تكون الزحزحة للحائط العلوى إلى أعلى. وينقسم هذا النوع إلى قسمين : الصدع الاندفاعى العلوى وفيه يتحرك الحائط العلوى إلى أعلى مع بقاء الحائط السفلى، ثابتا والصدع الاندفاعى السفلى وفيه يتحرك الحائط السفلى إلى أسفل ويبقى العلوى ثابتا.

ب ـ تصنيف الفوالق أو الصدوع إلى فصائل : حيث توجد فى أغلب الأحوال عدة صدوع مجتمعة فى فصيلة واحدة بمنطقة ما، من هذه الصدوع ما يلى :



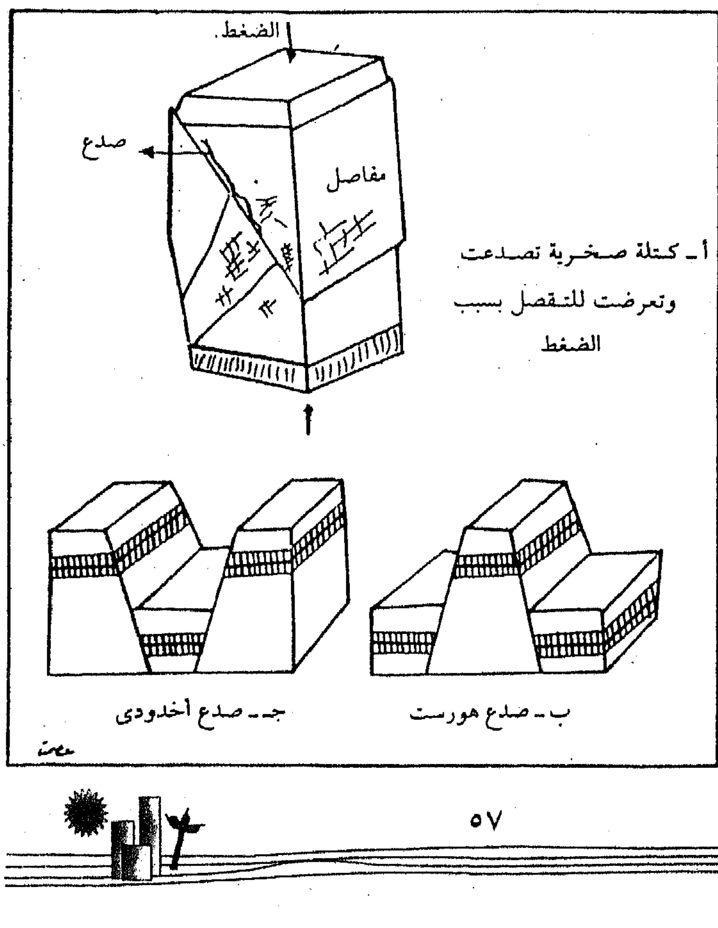
شكل رقم (٧)

١ ـ **الصدوع الدرجية أو السلمية** step fault وهى عبارة عن عدد متقارب من الصدوع العادية ذات الميل الكبير تؤدى إلى تقسيم صخور المنطقة إلى كتل متوازية، ويكون اتجاه سقوط الحائط العلوى إلى أسفل بالنسبة للحائط السفلى، وتنتج هذه الصدوع عن حركات رأسية تؤدى

إلى سقوط أو ارتفاع الكتل الصخرية بشكل تدريجى (فخرى موسى، ١٩٦٨، ص ١٥٩).

٢ ـ **صدوع الأخاديد والأحواض** : عبارة عن منخفضات بنائية تحيط بها صدوع عادية أو معكوسة ذات ميل كبير، وتظهر على سطح القارات أو فى قيعان البحار، ومن هذه الأخاديد أخدود وادى الراين والأخدود الإفريقى العظيم الذى يمتد لمسافة أكثر من ٥٠٠٠كم (راجع بالتفصيل صبرى محسوب، ١٩٨٣، ص ٢٣). وقد تنشأ هذه المنخفضات نتيجة قوى شد تعرضت لها القشرة الأرضية بفعل صعود الصهير النارى من الأعماق إلى مستويات أعلى على سطح الأرض أو تحتها مباشرة.

٣ ـ **الهورستات** : تنشأ بسبب ارتفاع كتلة صخرية يحدها من الجانبين صدعان لهما ميل كبير، وذلك نتيجة لرفع الكتلة الوسطى إلى أعلى أو لهبوط الكتلتين الصخريتين على الجانبين (شكل ٨).



شكل رقم (٨)

الأدلة على وجود الصدوع :

يمكن إيجاز الأدلة والآثار التى تدل على حدوث الصدوع فى منطقة ما من خلال ما يلى :

أ - الخدوش أو الحزوز : قد تظهر نتيجة احتكاك الكتلة الصخرية المنزلقة بالصخور المقابلة على السطح الصدعى خدوش وتحززات يمكن من خلال تعيين اتجاهها تحديد اتجاه حركة الصخور، وذلك بتحريك اليد فى الاتجاه من السطح الخشن إلى السطح الناعم، وعادة ما تكون هذه الخدوش متمثلة فقط فى حالة الصدوع ذات الزحزحة الصغيرة. وتشبه الخدوش الناتجة من الصدوع تلك التى تنشأ بفعل الأنهار الجليدية.

ب - البريشا التكتونية tectonic breccia : وتظهر فى شكل مفتتات غير منتظمة الشكل تدل على حدوث زحزحة للطبقات على سطح الصدع، وقد تكون البريشيا ذات أحجام كبيرة، وقد تكون فى ظروف معينة - بفعل الاحتكاك الشديد - شديدة النعومة مثل الصلصال.

جـ - منطقة القص shearing zone: تتميز بعض الصدوع بوجود منطقة من الشقوق المتقاربة التى قد تمتد موازية لبعضها البعض تعرف بمنطقة القص الجيولوجى، وأحيانا ما تكون أسرع نحتا من الأجزاء الأخرى بسبب تقطعها، وعادة ما تكون مواضع لبعض الرواسب المعدنية مثل النحاس والرصاص التى ترسبت من المحاليل المعدنية المارة خلال الشقوق والكسور، وكثيرا ما نجد هذه الظاهرة على جوانب بعض الحافات بصحراء مصر الغربية حيث تمتد خلالها عروق من الجبس وتكوينات الكتالسيت وغيرها من المتبخرات evaporites.

د - سحب الطبقات : ويقصد بها حدوث تغير مفاجئ فى اتجاه الميل أو خطوط المضرب على طول سطح الصدع.

خامسا : الألواح التكتونية Plate teclonics:

إن الفهم الحديث لقشرة الأرض وطبقة المانتل وتراكيب القارات والخوانق المحيطية والسلاسل الجبلية والنشاط التكتونى، كل هذه تعتمد أساسا على نظرية الألواح التكتونية.

مضمون النظرية : ترى هذه النظرية أن طبقة الليثوسفير earth's lethos phere تتكون من ١١ لوحا ضخما تتحرك عبر طبقة الأثينوسفير(*) المنصهرة جزئيا،

الفاصلة بين الألواح التكتونية plate-boundaries وذلك من خلال تقارب الألواح عند تشققات عميقة أو سلاسل جبلية عالية أو أخاديد بحرية عميقة، وتتراوح سماكة هذه الألواح ما بين ٧٥ و ١٢٥ كيلو متر.

وعندما تتباعد هذه الألواح ينشأ بينها فراغ يمتلئ بالصهير البازلتى القادم من طبقة الأثنوسفير مثلما يوجد وسط المحيط الأطلنطى، حيث إنه ما زالت حتى الآن تخرج من القاع كميات كبيرة جدا من الصهير البركانى التى تبرد تباعا لتتحول إلى صخور بركانية تتشكل فى صورة سلسلة من الجبال الغاطسة، تمتد من الشمال إلى الجنوب وسط المحيط الأطلنطى (شكل ٩).

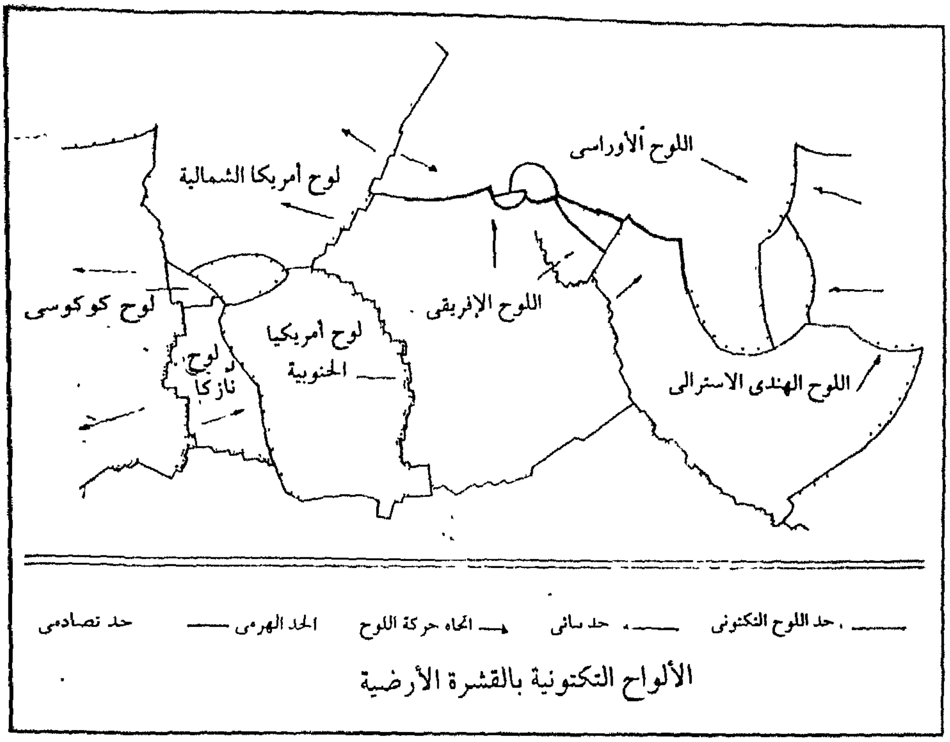
وعندما تقترب الألواح من بعضها البعض تتصادم وتهبط مقدمة إحداها (طرفها) أسفل مقدمة اللوح الآخر فتنصهر فى السطح العلوى للمانتل، بينما يرتفع الطرف الآخر مكونا جبالا تقع فى مواجهتها أخاديد بحرية عميقة.

ويحدث هذا التصادم على حواف بعض القارات كما سيتضح ذلك فيما بعد، أما عندما تتحرك بعض الألواح التكتونية تحركا جانبيا بشكل مماس لبعضها فإنها تحدث تكسيرا وتدميرا فى منطقة التحرك (التماس) يصاحب ذلك اندفاعات بركانية وزلازل عنيفة فى كثير من الأحيان(**)، وهذا ما يمكن تتبعه فى المنطقة الفاصلة بين الكتلتين الأمريكية الشمالية والكتلة الروسية فى منطقة كاليفورنيا.

---

* الأثينوسفير Athenosphere هى الطبقة العلوية من طبقة المانتل وتقع أسفل قشرة الأرض مباشرة وتتكون من صخور ذات كثافة نوعية عالية فى حالة شبه منصهرة (مرنة).

** يرجع ذلك إلى احتكاك الألواح بعضها ببعض فى خطوط التماس بينها.



الألواح التكتونية بالقشرة الأرضية

شكل رقم (٩)

وفى حالة تعرض الألواح أو القطاعات منها التى جزأتها الصدوع إلى أية حركات من الحركات السابقة، وخاصة المتقاربة يؤدى ذلك إلى خضوعها لقوى ضغط وقوى شد، وسواء عاد الصخر إلى شكله الأول فيما يعرف بالارتداد المرن للصخر أو تكسر أو تهشم crushed فإن كميات كبيرة من الطاقة المبذولة تتحول إلى طاقة حركية تنتقل فى شكل موجات تنتشر فى جميع الاتجاهات بشكل إشعاعى وهى ما أشرنا إليها سابقا بالموجات الزلزالية.

ويلاحظ من توزيع معظم السلاسل الجبلية أنها تقع على مقربة من ملتقى الألواح التكتونية بما فيها السلاسل الغاطسة.

وهكذا تحدث التحركات التكتونية التى تنتاب قشرة الأرض على طول الحدود الفاصلة بين الألواح التكتونية plate-boundaries وذلك من خلال تقارب الألواح أو تباعدها أو عن طريق الإزاحة بالتماس مما يسبب حدوث اضطرابات باطنية تنعكس على القشرة الأرضية فى صورة تشققات وصدوع واندفاعات بركانية واهتزازات أرضية وهبوط وارتفاع.

ويمكننا أن نتفهم طبيعة الألواح التكتونية وآثارها من خلال دراسة تفصيلية إلى حد ما للوح أمريكا الجنوبية باعتباره من أكثر الألواح التكتونية التى درست من قبل العلماء والباحثين.

يتمثل الحد الشرقى لهذا اللوح التكتونى فى السلسلة الأطلنطية الوسطى mid - atlantic - ridge وهى منطقة تباعد divergence أو تمدد فى قاع البحر حيث تمتد سلاسل جبلية بارتفاعات تزيد على ٣٠٠٠ متر ممتدة تقريبا من الشمال إلى الجنوب على طول وسط المحيط الأطلنطى، وتتحرك بشكل بطىء حيث تمتلئ الفراغات المتولدة عنها بلافا بازلتية basaltic lava صاعدة من الأثينوسفير .

والحافة الأطلنطية الوسطى مثل كل هوامش الألواح التكتونية تعد واحدة من أحدث أجزاء سطح الأرض ومن ثم فإن قشرة أرضية جديدة تنشأ بشكل ثابت.

وبسبب تباعد اللوح التكتونى فإن اللافا البازلتية الصاعدة نتيجة توسع الأخدود بين اللوحين(*) تنتقل شرق وغرب حدود اللوح، وهذه العملية ينتج عنها سيمترية (تناسق) طوبوغرافية على قاع المحيط الأطلنطى (شكل ١٠).

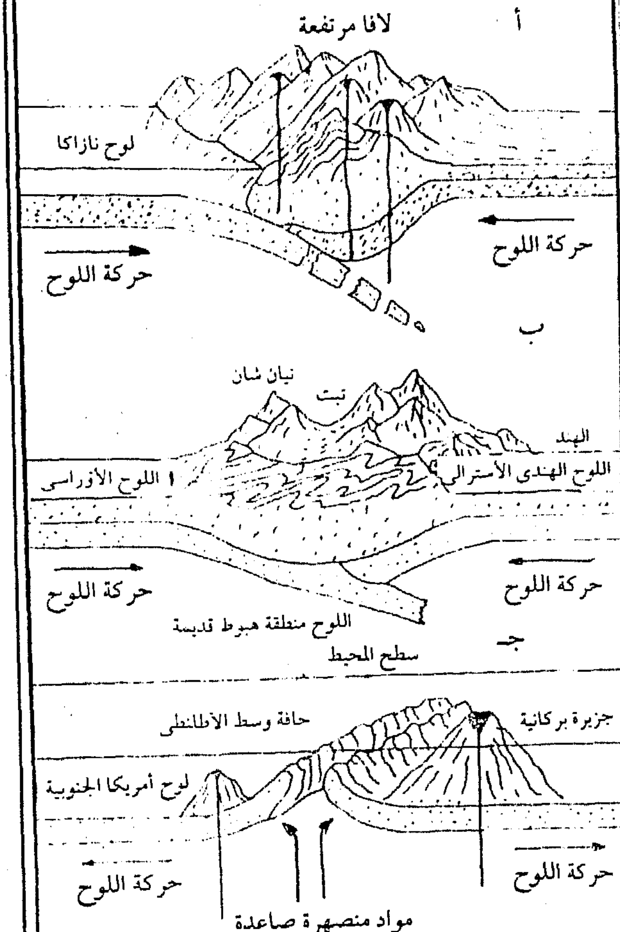
وتقدر كمية مواد القشرة الأرضية المضافة على كلا جانبى الحافة بنحو سنتيمتر فى السنة، وهذا المعدل الصغير سوف تبلغ جملته بعد مليون سنة نحو ٥٠ كيلو متر من القشرة الجديدة.

والواقع أن اتساع القاع فى كل من الأطلنطى والهادى يتم بشكل سريع مما يجعلنا نعتقد بأن العمر الجيولوجى الذى استغرق فى تكونهما أقل من مائتى مليون سنة (Wilcock, D. 1983, p19).

وجدير بالذكر أن صعود اللافا أو الماجما عند هوامش اللوح التكتونى (لوح أمريكا الجنوبية) من مناطق نشاط بركانى حديث وكلها تمثل أجزاءً بارزة من الحافة الأطلنطية الوسطى.

---

* يقصد بهما اللوح الإفريقى واللوح الأمريكى الجنوبى.



أ ـ حد هرمى (تدميرى).

ب ـ حد تصادمى.

جـ ـ حد بنائى.

شكل
رقم (١٠)

أما الهامش الغربى للوح أمريكا الجنوبية فإنه يتطابق مع الحد الغربى للقارة، فبينما يتحرك لوح نازكا nazca plate (*) من الغرب إلى الشـرق نجد أن لوح أمريكا الجنوبية يتحرك نـحو الغرب، وعندما يلتقيان فـإن طرف أحدهما (وهو مكون من مواد من صخـور الليثوسفير) يغـوص إلى أسفل نحو طبقة المانتل وينصـهر بالتالى مع ارتفاع درجة الحـرارة، ونظرا لأن القشرة المحيطية مـقدمتها (طرفهـا) المواجهة لأمريكا الجنوبيـة فى الشرق تغوص أسفله نحـو طبقة المانتل وهذه الحالـة دائما ما توجد عند تقابل لـوح قارى بآخر محيطى واقـتراب بعضهمـا من البعض، وحيث يهبط لوح نازكـا أسفل لوح أمريكا الجـنوبية فإن الاحـتكاك بينهما يسـبب حدوث زلازل على طول نظم الصدوع بالسـاحل الغربى لأمريكا الجنوبية إلـى جانب تحول مقدمة لـوح نازكا الهابطة نحو المانتل إلى مواد ماجـمية منصهرة مما جعلـها مصدرا للبراكين النشطة active volcsnes بجبـال الإنديز ،وهذه البراكين تخرج منهـا لافا سيالية أكثـر منها سيما حيث تحتوى على نسـبة أكبر من السيليكا، وتتميـز بكثافتها النوعـية المنخـفضـة على العكس من التكوينات البـازلتيـة الأثقل وزنا والأقل فى محتواها من السلكا والتى تكون الألواح التكتونية المحيطية المصدر الرئيسى لها.

ومن ثم فإن عـددا كبـيرا من علماء الطـبيعـة الأرضية يعـتقـد فى أن اللافا الأخف وزنا فى هذه البراكين هى نتاج انصهار تكوينات ذات أصل قارى.

وعلى ضـوء ما سبق ذكـره فإن هبـوط طرف اللوح المحيطى أسـفل الطرف القارى يـعد عمليـة ذات أهميـة كبـيرة فى نشأة مـواد قارية جـديدة على هوامش القارات الحالية، وهى أيـضا مسئولة عن نشأة أرض جديدة فى شـكل جزر بركانية تمتد فى صورة أقـواس جزرية مثل مجموعـة جزر كوريل kurile trench والوشيان وجزر مـاريانا، حيث إن هذه الجزر قـد نشأت عندمـا انصهرت الألواح التكتـونية المحـيطيـة مع الضـغط الزائد والحـرارة والاحتكـاك الذى تعرضـت له عند مناطق الالتقـاء بين الألواح التكتـونية حـيث ترتفع المواد المنصهـرة إلى السطح فى شكل خطوط من البراكـين، أما الأخاديد البـحرية العمـيقة مثل أخـدود كوريل Kurile trench وأخدود الوشيان وأخدود ماريانا فإنها تمثل مناطق الهبوط نفسها.

* لوح تكتونى مغمور تحت مياه المحيط الهادى ويقع إلى الغرب من لوح أمريكا الجنوبية.

الفصل الثالث

عوامل تشكيل سطح الأرض

والعمليات المرتبطة بها
والأشكال الناتجة عنها

أولا : التجوية Weathering

تعنى التجوية ـ ببساطة ـ تفكك أو تحلل الصخر موضعيا in - situ أو بمعنى أكثر تفصيلا هى تفكك الصخر أو تغيره قرب سطح الأرض وتكوين معادن مختلفة فى خصائصها عن المعادن السابقة لحدوثها.

وتنقسم إلى نوعين رئيسيين : التجوية الميكانيكية أو الطبيعية، ويقصد بها تفكك الصخر إلى شظايا ومفتتات بطرق ميكانيكية بحتة.

وتجوية كيماوية، وتعنى تحلل الصخر وتغير خصائصه الكيماوية بواسطة عوامل تتمثل فى الماء والأوكسجين وثانى أكسيد الكربون والأحماض العضوية.

العوامل المؤثرة على تجوية الصخر :

تتأثر التجوية بعوامل داخلية endogenetic وعوامل خارجية exogenetic ترتبط الأولى بالبنية والتكوين الصخرى، ومثال ذلك نجد أن الكالسيت فى الصخر يتأثر بالتكوين، بينما يتأثر الفسبار بالتحلل المائى hydrolysis كذلك يؤثر نسيج الصخر في عملية التجوية، حيث نجد أن الصخور دقيقة الحبيبات تجوى بمعدل أكبر من الصخور ذات الحبيبات الخشنة، كذلك تؤثر الشقوق وأسطح الطبقية والمفاصل الصخرية فى عمليات التجوية حيث تساعدها كثيرا كما سيتضح ذلك فيما بعد (راجع Clark, M, 1982, p15).

أما العوامل الخارجية فتتمثل فى المناخ والنبات، وسوف يتضح دورهما فى الصفحات التالية :

عمليات التجوية الميكانيكية : تعنى كما ذكر آنفا تفكك الصخر دون حدوث أى تغير فى خصائصه الكيماوية، وتتمثل تلك العمليات المرتبطة بالتجوية الميكانيكية mechanical weathering فيما يلى :

أ ـ التجوية بفعل تعاقب التجمد والانصهار freeze - thaw :

عندما تحتجز المياه داخل الشقوق الصخرية وتنخفض درجة الحرارة وتتجمد هذه المياه فإن حجمها يزيد بنسبة ٩٪ وينتج عن ذلك ضغط شديد جدا على الصخور المجاورة مما يؤدى إلى تفكك الصخور مع توسيع الشقوق.

ويبدو أثر هذه العملية أكثر قوة عندما تتذبذب درجة الحرارة حول الصفر المئوى، وعادة ما يحدث ذلك فى العروض العليا، ومن ثم يكون تأثير هذه العملية كبيرا جدا بالمقارنة بغيرها من العروض حتى فى العروض القطبية ذاتها والتى تتميز بمناخ دائم البرودة الشديدة.

ب ـ النمو البلورى للأملاح :

عملية تجوية تظهر بوضوح فى المناطق الجافة الحارة، وتتم فى صورة شبيهة بالعملية السابقة، وذلك من خلال نمو بلورات الأملاح crystal growth داخل الفواصل الصخرية، يحدث ذلك عندما يترسب الملح الذائب بعد تبخر المياه حيث يتم تكوين بلورات أملاح الكبريت والجبس والكالسيوم والكربون بهذه الطريقة.

ويؤدى نموها إلى حدوث قوى كامنة لتكسير القطع الصخرية الصغيرة، ورغم أن هذه العملية تتضمن بعض التحليل الكيماوى إلا أنها ذات دور طبيعى ميكانيكى فى المقام الأول من خلال ما تحدثه من ضغط وإجهاد على حدود المفاصل والحبيبات الصخرية، وتعمل الظروف المناخية الحارة الجافة على زيادة فعالية هذه العملية، بينما يقابلها فى العروض الرطبة عملية غسيل للأملاح salt leaching.

ويرى كل من كوك Cooke وورن Warren أن بلورات الأملاح تتمدد ويزداد حجمها بواسطة التسخين مع ارتفاع الحرارة الشديد طوال فترة النهار فى العروض المدارية الجافة، ويريان كذلك أن الضغوط الناجمة عنها قد تتسبب عن حدوث تميؤ للأملاح، يعنيان بذلك أنها تقوم بعمل تجوية فيزيوكيماوية physio chemical weathring تساعد على حدوث ظاهرة التقشر الصخرى exfoliation وتكوين حفر التجوية (Cooke and Warren, 1973).

جـ ـ التمدد والانكماش :

تظهر هذه العمـلية بوضوح فى المناطق الصحراويـة الحارة ذات المناخ القارى المتطرف، يدل على نشـاطها هنا الانتـشار الواسع للمـفتـتات الخشنة حـادة الزوايا coarse - angular - debris عند حضيض المرتفعات فيما يعرف بالبريشيا.

ونظرا لتكون الصخور ـ وخـاصة النارية والمتحولة ـ من أكثـر من معدن من المعادن مـثل صخـر الجرانيت الذى يتكون أسـاسا من مـعادن الكوارتز والفلسـبار والميكا. وأن لكل مـعـدن منها درجـة انكمـاش وتمدد مخـتلفـة ـ حسب حـرارته النوعـية. فإن التـباين الحـرارى اليومى أو الفـصلى أو السنوى الكبيـر يؤدى إلى تعاقب مـستمـر للتمدد والانـكماش المتبـاين لهذه المعادن مما يؤثر فى الـنهاية على الصخر ويؤدى إلى تكسـره أو تشققه وتفـتيته، مما يساعـد بدوره أيضا على دخول المياه واحتجازها داخل الشقوق لتقوم بعملها الميكانيكى من خلال التجمد أو بعملها الكيماوى من خلال الإذابة أو التميؤ. انظر الصورة رقم (٢) التى تبين أثر التمدد والانكماش فى تفكك صخور إحدى الحافات الجبلية النارية.



صورة رقم (٢)

د ـ إزالة الضغط من فوق الصخور Pressure - release :

ينتج عن هذه العملية تفصل الصخر Jointing، ويتم ذلك ببساطة بعد إزالة الصخور الرسوبية التى كانت تمثل ثقلا زائدا فوق الصخور الوسيطة أو المتداخلة intrusive recks مثل الجدد الغائر sills والسنام الغائر وغيرها، ونتيجة لإزالة هذا الثقل الهائل من فوق هذه الصخور ونتيجة لانكشاف هذه التكوينات المتداخلة يحدث أن تتمدد ببطء مما يؤدى إلى تفصلها، وذلك من خلال امتداد مفاصل صخرية تعرف بالمفاصل الغطائية sheet joints تمتد متوازية مع بعضها البعض وموازية لسطح التداخل، وهذه العملية هى ما يطلق عليها التقشر الصخرى exfo- liation والتى كثيرا ما تظهر فى الصخور الجيرية، كذلك تظهر تشققات دقيقة تساعد فى تفكك الصخر وتجويته ميكانيكيا.

عمليات التجوية الكيماوية Chemical weathering :

تتضمن التجوية الكيماوية العديد من التفاعلات بين العناصر المختلفة للصخور، بعض هذه التفاعلات يتميز بالبساطة والبعض الآخر شديد التعقيد.

وكون التجوية الكيماوية تؤدى إلى تغير التكوين الكيماوى للمعادن بالصخور فإنها عادة ما تتخير المعادن التى تقوم بتجويتها، حيث تتأثر معادن بشكل أكبر من معادن أخرى بعمليات التحلل الكيماوى.

عادة ما تتركز التجوية على الصخور الطبقية stratified rocks التى تكثر بها المفاصل والشقوق التى تبدأ منها عمليات التجوية من خلال دخول الماء والهواء بها مما يؤدى إلى تشظى الصخور وتقطعها إلى كتل كبيرة الحجم، وتزداد التجوية قوة مع ارتفاع درجة الحرارة ووفرة الرطوبة، فحيثما يوجد ماء جوفى أو ماء تحت أرضى subterranean فسوف تستمر عمليات التجوية فى الصخور وتتجدد بشكل مستمر (Clark, M, 1982. p22) بينما تتوقف التجوية عندما تزداد الأملاح المذابة إلى الحد الذى يصل إلى التعادل أو التوازن equilibrium. وهذه الحالة تحدث فى الصخور دائمة التشبع، ويُعتقد أن الماء الجوفى يمثل حدا فاصلا بالنسبة للتجوية الكيماوية فى الصخور الواقعة أعلى مستوى سطح الماء الجوفى واختفائها أسفله.

تتمثل التجوية الكيماوية فى التفاعلات الكيماوية التالية :

أ ـ الإذابة Solution:

هذه العملية تجوية أساسية تؤثر فى معادن الصخور بشكل كبير، ترتبط فعاليتها بدرجة حموضة أو قلوية الماء الأرضى، فإذا ما ارتفعت القلوية إلى أكثر من ٩ PH فى الماء يمكنه فى هذه الحالة إذابة بعض السيليكات والألمونيوم، وفى حالة التعادل نحو ٦ أو ٥ PH يصبح الألمونيوم غير قابل للإذابة، بينما تزداد القابلية للإذابة مرة أخرى عندما تصل الحموضة إلى ٤ PH فأقل.

ب ـ التكربن Carbonation :

يحدث عن طريق تحول كربونات الكالسيوم $Ca\ Co_3$ إلى بيكربونات كالسيوم $[Ca\ (H\ Co_3)]$، وذلك من خلال ثانى أكسيد الكربون المذاب فى مياه المطر، وعندما تذاب بيكربونات الكالسيوم ذاتها، يمكن أن يأخذ التكربن أشكالا أخرى مثل تجوية الفلسبار، كما أن التفاعل ما بين حمض الكربونيك وهيدروكسيد البوتاسيوم يعطى كربونات بوتاسيوم قابلة للإذابة soluble.

جـ ـ التحلل المائى Hydrolysis:

على العكس من عملية التميؤ حيث تشتمل هذه العملية على حدوث تفاعل بين معادن الصخر والماء، وفيها يتفاعل الفلسبار مع الماء ويتحول إلى حمض ألمونيوم سليكى aluminsilicic (سيليكات الألومنيوم) وهيدروكسيد البوتاسيوم والأخير كربونى يذاب فى الماء والأول يتحول إلى معادن صلصالية تذاب فى الماء.

د ـ التميؤ :

ينتج التميؤ عن قدرة بعض المعادن على امتصاص الماء، وفى هذه العملية يحدث تغير فى الحجم ويؤدى هذا إلى الضغط على جوانب الصخور وتفككها تفككا ميكانيكيا.

وتصبح الصورة النهائية بعد ذلك بالنسبة للفلسبار المجوى بهذه الطريقة فى شكل صلصال متبقٍ بعد التجوية أهم أنواعه الكاولين المستخدم فى الصناعات الخزفية.

وتلعب الأحماض العضوية الناتجة عن النباتات المتحللة decayed plants دورا هاما فى التجوية، حيث تؤثر بوضوح على درجة قابلية العناصر المعدنية لعملية الإذابة، خاصة الحديد الذى يتمكن النبات من امتصاصه بعد ذلك أو يتم تسربه إلى طبقة ما تحت التربة subsoil عن طريق عملية الغسل للتربة soil leaching . وتعنى هذه العملية الأخيرة طريقة من طرق تجوية التربة واستخلاص المواد المخصبة منها واستخدامها لنمو النبات وتغذيته عن طريق جذورها التى بدورها تعمل على تقطع السطح وتجويته بامتدادها فى التربة وتشعبها خلالها.

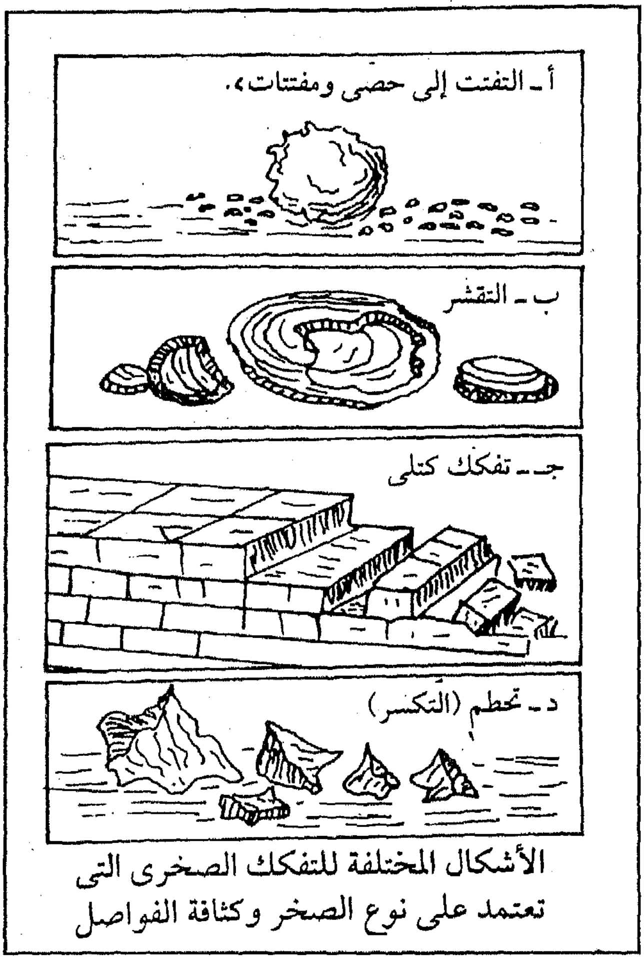
نتاج التجوية :

يمثل ركام السفوح أو الهشيم scree أهم نتاج عمليات التجوية وأكثرها وضوحا، حيث تتراكم عند حضيض السفوح المتماسكة والعارية فى المرتفعات والمناطق الجافة.

وقد تكون هذه الركامات الصخرية المفككة نتاج تجوية ميكانيكية مرتبطة بالنمو البلورى، وقد تكون ثابتة أو متحركة، وفى الحالة الأخيرة لا يستطيع النمو النباتى أن يستمر فوقها بسهولة، وإذا وجد فيكون فى شكل مبعثر.

أما إذا ما كانت عبارة عن ملامح حفرية fossil features أى نتاج تجوية قديمة لا ترتبط بظروف المناخ الحالى فإن النمو النباتى يزدهر ويتكاثف عليها.

وتعد المفتتات الصخرية فى مناطق كثيرة نتاج تجوية ميكانيكية أو تجوية كيماوية، حيث يتقطع السطح بفعل العديد من الفواصل والشقوق المتقاطعة التى تتسع على السطح وتضيق بالاتجاه إلى أسفل، وتمثل هذه الشقوق والمفاصل طرقا وممرات للمياه المتسربة إلى ما تحت السطح لتقوم بعمليات التجوية الكيماوية بشكل سريع، وكلما ازداد اتساع الشقوق والفواصل ينكمش حجم الكتلة المتشققة إلى أن تبدو على السطح كتل صخرية بأحجام مختلفة تخفى تماما أى مظهر للبنية الأصلية لصخور المنطقة (شكل ١١)



شكل رقم (١١)

ثانيا ـ العمليات المرتبطة بتطور السفوح :

مقدمة :

تعد السفوح slops من أهم الأشكال الأرضية إلى جانب أنها تؤثر بشكل كبير ومباشر على الأنشطة البشرية المختلفة من زراعة ومن طرق وسكك حديدية ومنشآت وغير ذلك، وإذا ما كانت السفوح غير مستقرة لسبب ما فإنها فى هذه الحالة تسبب العديد من المشاكل والتهديدات بالنسبة للإنسان.

وتتميز السفوح فى الصخور شديدة المقاومة لعمليات التعرية، وكذلك السفوح فى المناطق التى تضعف فيها عمليات النحت والتجوية ـ بأنها تتغير بمعدلات بطيئة جدا، حيث نجد سفوحا تتراجع بمعدلات أقل من ملليمتر واحد فى السنة بحيث تبدو وكأنها فى حالة ثبات static state، والكثير من السفوح فى الواقع قد تكون نتاج ظروف مناخية سابقة كانت فيها عمليات التجوية والنحت أنشط منها فى الوقت الحاضر.

أ ـ حركة المياه على السفوح :

الواقع أن العمليات الجيومورفولوجية التى تتم على السفوح تتحدد بدرجة كبيرة بكيفية تحرك المياه عليها أو تحركها خلال صخورها، والمعروف أن لكل مواد أرضية طاقة تشرب محددة Infiltration capacity (عادة تقاس بالمليمتر فى الساعة) يتم بها امتصاص مياه المطر، فإذا ما كان ماء المطر أقل من طاقة التشرب فسوف يتسرب الماء إلى ما تحت السطح خلال مسامات التربة soilpores بعد أن يطرد الهواء الموجود بها.

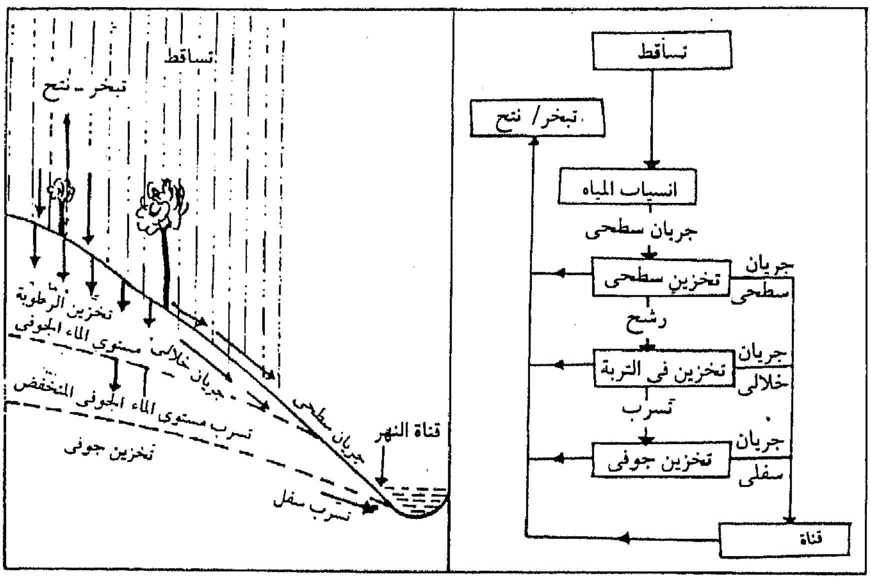
وعندما تمتلئ كل مسامات التربة بالماء تكون التربة فى هذه الحالة قد تشبعت تماما بالماء، وعلى ذلك فمنطقة التشبع ترتفع عقب سقوط أمطار غزيرة وتهبط تحت مستوى الماء الجوفى under ground water table حيث المياه الجوفية التى تتحرك نحو النهر بمعدل تتحكم فيه نفاذية التربة وانحدار مستوى سطح الماء الأرضى نفسه.

وتعنى نفاذية التربة مدى قدرتها على نقل المياه خلالها، ونظرا لبطء حركتها فى الصخور فإنها تحتاج إلى وقت لإحداث نوع من التوازن الكيماوى مع العديد من العناصر الكيماوية الموجودة بالصخور.

ولاشك أن النهر الذى يستمد مياهه من هذا المصدر يحتوى على كميات كبيرة من المواد المذابة والتى تمثل جزءا هاما من حمولته.

وقد يضطر جزء من المياه التى تسربت فى التربة إلــى الحركة الأفقية فى حالة ما إذا ما قــابل أفقا صخريا غــير منفذ impermeable ويطلق فى هــذه الحــالة على الجريان المائى باتجاه أقــدام السفح (فيما بين السطح ومســتوى الماء الجوفى) الجريان الداخلى interflow (شكل ١٢) ويعد مصدرا آخر لمياه الأنهار وحمولتها الذائبة.

وتوجد حركــة انسياب أخرى للمــياه خلال سطح الأرض نفسه يطلــق عليها جريان فــوق سطح التــشبع saturated overland flow. ويحــدث هذا الــنمط من الجريان بعد مــرور فترة طويلة على حدوث أمطار غزيرة نجم عنهــا تشبع كلى للتربة مما أدى إلى رفع منسوب المياه الجوفية حتى مستوى سطح الأرض.



هيــدرولوجية السـفح

شكل رقم (١٢)

وأما الجريان السطحي فيحدث عندما يزيد التساقط على طاقة التشرب حينئذ يتجه الماء الفائض للجريان على السطح، ويحدث ذلك عندما يكون مستوى الماء الأرضى الجوفى بعيدا عن سطح الأرض، على سبيل المثال إذا سقط مطر ٧٥ ملم/ ساعة وكانت طاقة التبخر ٥٠ ملليمتر فى الساعة فإن الفائض المائى يكون ٢٥ ملم/ ساعة ويتجه للجريان السطحى (Wilcock, D, 1983, p 34).

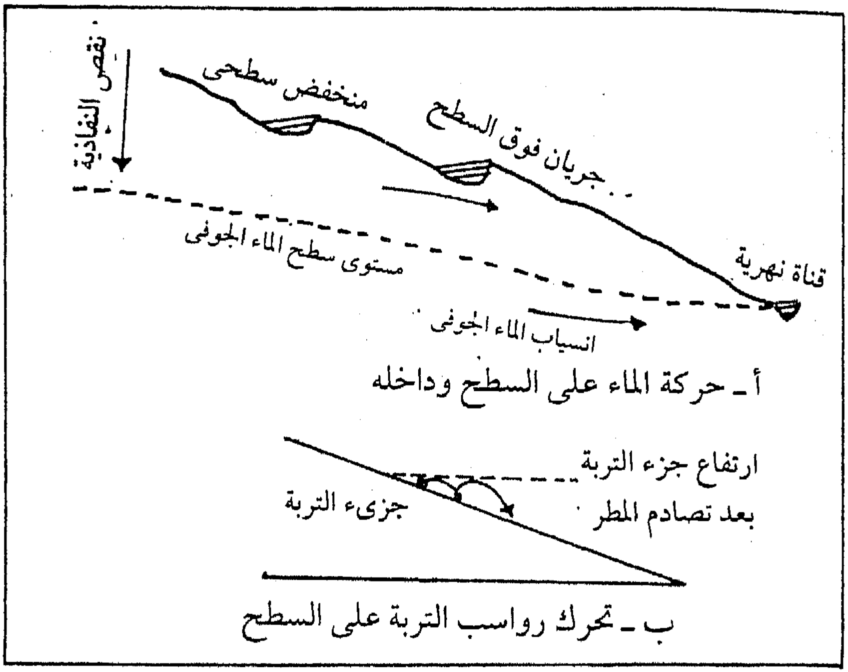
ب ـ تصادم مياه المطر بالسفح Rain fall - impact :

يتم خلال هذه العملية حركة للجزيئات الصخرية على سطح السفح باتجاه الانحدار، فأثناء سقوط المطر الغزير تقفز حبيبات التربة إلى أعلى بارتفاعات تصل إلى نحو ٥٠ سم فوق منسوب سطح السفح، وينتج ذلك بسبب الطاقة الكبيرة الكامنة فى المطر الساقط، فإذا ما كان السطح أفقيا يكون النقل خلاله صفرا، أما إذا كان الانحدار هينا (نحو ١٠ درجات) فتكون حركة مواد التربة باتجاه انحدار السفح (نحو أقدام الحافة) قدر حركتها تجاه القمة ثلاث مرات، ويرجع ذلك إلى أن الجزيئات التى تتحرك إلى أسفل بعد التصادم ترحل مسافة أطول فى الهواء بالمقارنة بالجزيئات التى تحل محلها بالحركة نحو القمة (شكل ١٣) وهذه العملية مؤثرة بشكل كبير فى المناطق الجافة وشبه الجافة semi-arid وذلك لأن المطر هنا عندما يسقط يكون مدرارا وغزيرا على سفوح تختفى منها النباتات تقريبا أو إذا ما وجدت تكون مبعثرة على مساحات واسعة(*).

جـ ـ الانهيارات الأرضية Mass wasting :

حالة وسط بين عمليات التفكك والتحلل الموضعى (التجوية بنوعيها) وبين عمليات النحت، وهذه العملية مؤثرة بشدة فى تحديد ملامح ومورفولوجية السفوح. وتوجد لهذه العملية ثلاثة أشكال رئيسية تتمثل فى زحف

* يعمل النبات إذا ما وجد بكثافة على حماية التربة من تصادم قطرات المطر.



شكل رقم (١٣)

التربة soil creep والتدفق الطينى mudflow والانزلاقات الأرضية بأنواعها المختلفة landslide، وقد كان شارب sharp أول من درسها ووضع تصنيفا لها سنة ١٩٣٨ (صبرى محسوب، ١٩٨٣، ص ٣٨) كذلك وصفها عام ١٩٧٢ مع العوامل الأخرى المؤثرة فى تطور أشكال السفوح.

١ ـ زحف التربة :

وهى حركة بطيئة ومستمرة للرواسب الصخرية ومواد التربة على جوانب السفوح باتجاه الحضيض تسبقها عمليات تجوية ثم تدخل بعد ذلك تحت نفوذ الجاذبية الأرضية gravitation التى بدورها تؤدى إلى تحرك المواد الصخرية فى اتجاه الانحدار، ويستدل على هذه العملية رغم بطء تحركها من العديد من المؤشرات مثل تراكم الرواسب والمواد الصخرية على جانب الأسوار المواجهة للتل أو أعالى السفح وميل أعمدة الكهرباء وجذوع الأشجار فى اتجاه حركة زحف الرواسب.

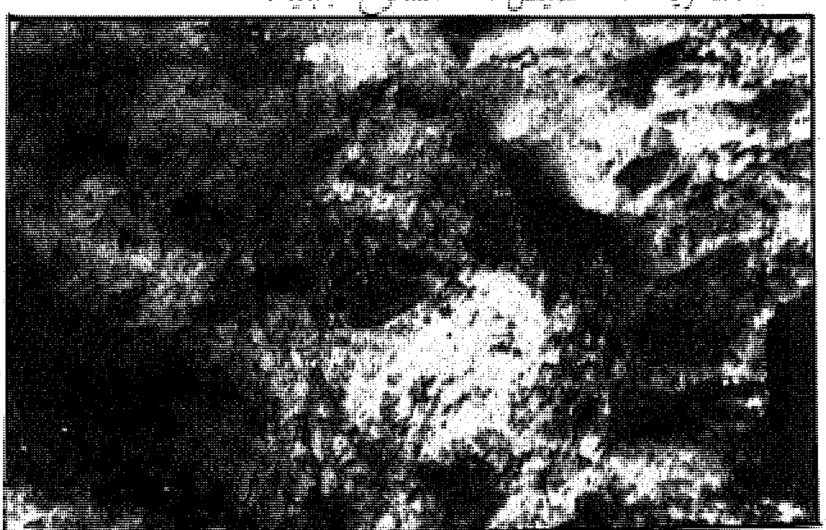
٢ ـ التدفق الطينى Mudflow :

تأتى الرواسب من مصدر يشبه حوض النهر وتمتد فى مجرى ضيق متدفق وتتمثل التدفقات الطينية فى رواسب صخرية مشبعة تماما بالمياه التى تعمل على تشحيمها وتدفقها بشكل سريع فى صورة طبقات سميكة من المواد المتحللة والتى عادة ما تحدث فى مناطق عارية من النباتات، ومن أمثلة التدفقات الطينية تلك التى حدثت فى مرتفعات سان جوان بولاية كلورادو الأمريكية وكان قد سبقها تساقط صخور ومواد لافية مجواة ومشبعة بالمياه، وقد تدفقت المواد الطينية إلى مسافة عشرة كيلومترات على سفح انحداره خمس درجات وارتفاع قمته ٨٠٠ متر، وتحدث كثير من التدفقات الطينية كذلك فى مناطق الجبال المرتفعة التى تتعرض لأمطار غزيرة مثلما يحدث فى بيرو ودول الأنديز بأمريكا الجنوبية.

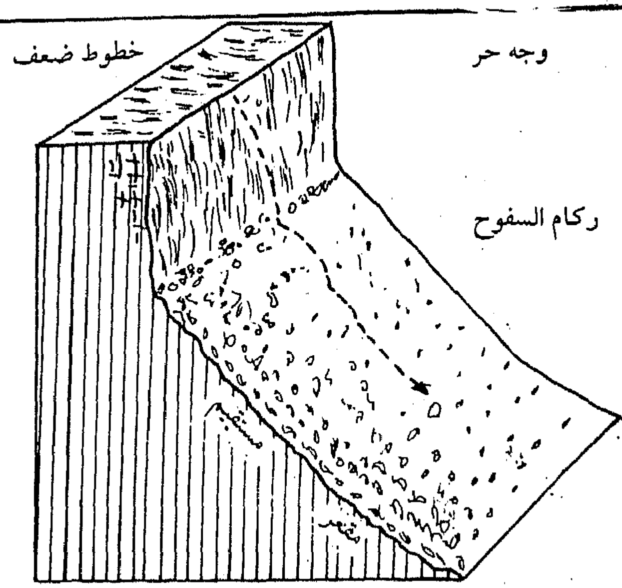
٣ ـ الانزلاقات الصخرية :

تحدث بشكل فجائى سريع وتتميز المواد المنزلقة بأنها أقل تشبعا من تلك المواد التى تنساب فى شكل تدفقات طينية، وعادة ما يطلق لفظ land - slide على أى تحرك سفلى للصخور على جوانب السفوح تحت تأثير الجاذبية، وينقسم الانزلاق الصخرى إلى قسمين رئيسيين.

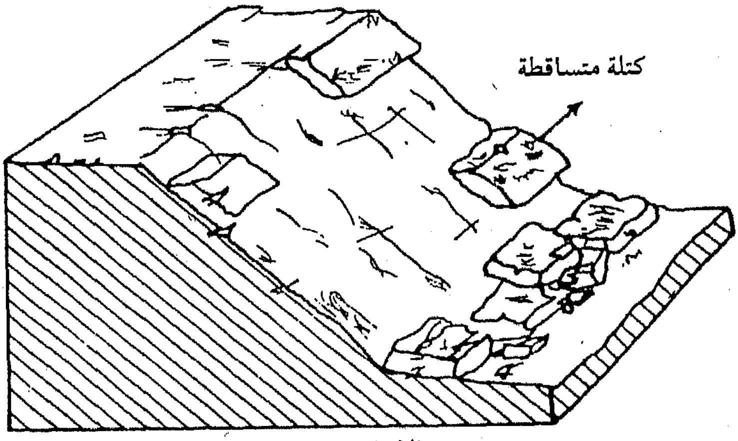
أ ـ ١ ـ انزلاق صخرى Rock slide يحدث على سطح صخرى منحدر وقد يكون فى شكل كتل صخرية كبيرة الحجم أو مفتتات صخرية (شكل رقم ١٤) وتوضح الصورة التالية رقم (٣) بعض الكتل الصخرية عند حضيض أحد السفوح الجبلية.



صورة رقم (٣)



أ ـ السقوط الصخرى وتطور هشيم السفوح



ب ـ الانزلاق الصخرى

شكل رقم (١٤)

ب ـ ١ ـ انزلاقات ذات دورات خلفية عادة ما تحدث على سطح تتعاقب فيه التكوينات الصلبة مع التكوينات اللينة وينتج عن تحرك الصخور مع حدوث دور خلفية لها على محور أفقى ـ تكون سلسلة من الدرجات الصغيرة.

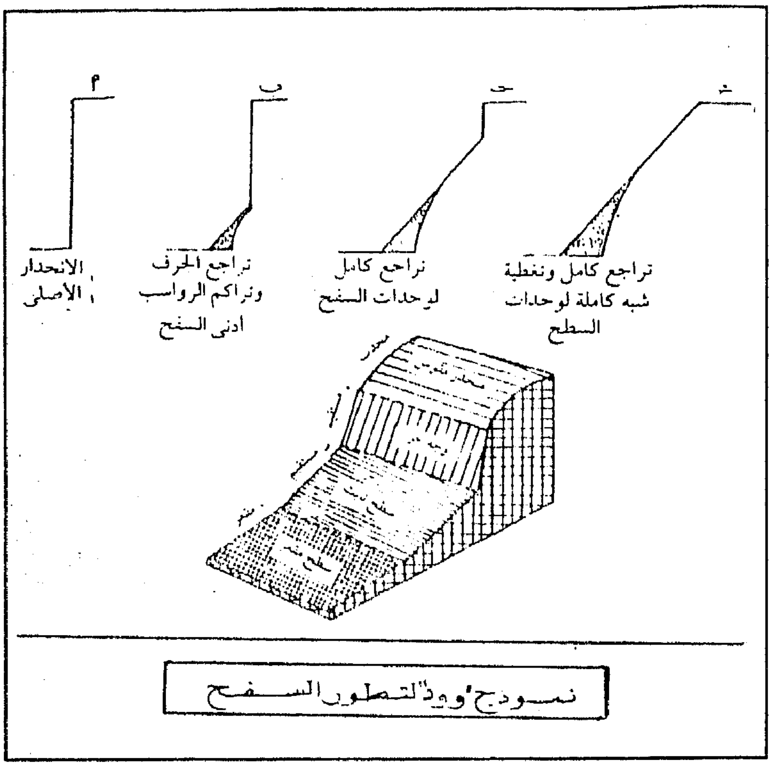
نموذج وود Wood's Model لتطور السفح :

قد يمكننا ملاحظة العوامل السابقة المؤثرة فى تشكيل السفوح وتطورها، وقد يمكننا أيضا قياسها، ولكن من المستحيل قياس تطور السفوح خلال تاريخها الجيومورفولوجى الطويل، ولذلك كان لابد من استنتاجها من خلال وضع نماذج ونظريات، ومن النماذج التى يمكن وصفها بإيجاز نموذج «وود» الذى وضع عام ١٩٤٢ لوصف تطور السفح slope evolution.

فى هذا النموذج والموضح بشكل (١٤) نجد الوجه الحر free face عبارة عن سطح تنشط عليه عمليات التجوية الميكانيكية ويزداد تراجع هذا الوجه مع ازدياد نشاط التجوية، وتتراكم المفتتات الناتجة عن التجوية من هذا الوجه فى شكل ركام سفوح scree على المنحدر الثابت للسفح Constant، ويستمر التشكيل على هذا المنوال يليه باتجاه الحضيض سفح مقعر concave slope يتم عليه العديد من عمليات الغسيل الصخرى، مع تشكل سطح محدب أعلى الوجه الحر نتيجة لعمليات التجوية (لاحظ الصورة رقم (٤) التى توضح سفوحا شديدة الانحدار أعالى الحافة بمنطقة حبلة بعسير).



صورة رقم (٤)



شكل (١٥)

ولا يشترط فى الواقع وجود الأوجه الأربعة مع بعضها فى أى مكان، فعلى سبيل المثال والتوضيح، لو أن التجوية الطبيعية أوجدت ركامات سفوح بمعدلات أكبر من معدلات الإزالة بفعل التعرية فوق السطح الثابت فيمكن فى هذه الحالة أن يستمر فى تطوره ونموه ممتدا حتى الوجه الحر بحيث يتغطى مجمل السفح بالرواسب المفككة مغطيا تماما الصخر الأصلى له.

ثالثا : الأنهار وعملها الجيومورفولوجى

(دورها فى تشكيل سطح الأرض)

نشأة الأنهار :

يبدأ تكون الأنهار بشكل عام من خلال سقوط المطر على سطح منحدر وتقوم مياه الأمطار بعمليات نحت باصطدام قطراتها بالسطح وقيامها بالتقاط المواد

الصخرية الناعمة يساعدها فى تلك العمليات ما تحويه قطراتها من طاقة حركية وسطح خالٍ من النباتات الطبيعية التى إن وجدت فإنها تشكل حماية للسطح من عمليات التعرية المختلفة. (شكل رقم ١٧).

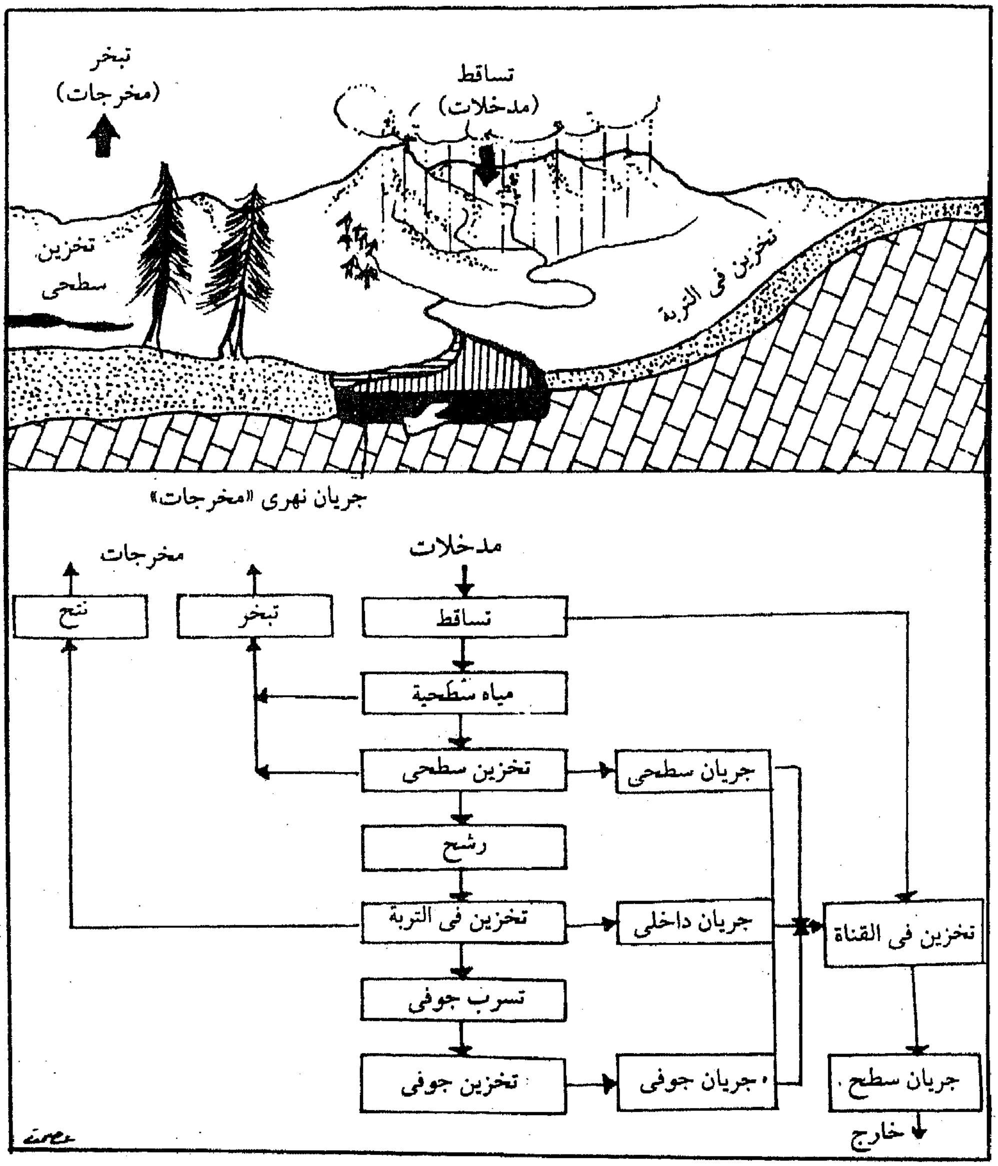
ويرى أليسون (Allison, I etal, 1980, p 47) أن الطاقة الحركية الكلية لأمطار قدرها ١٠ سم تكون كافية لرفع ١٠ سم من التربة لمسافة مترين، ويرى أن هذا الارتفاع لا يتم فى الواقع ولكن ما يحدث نتيجة لذلك هو تفكك لجزيئات التربة وضعف لمقاومتها لعمليات التعرية اللاحقة.

وبالنسبة للسطح الأصلى قبل تكون الأنهار فإن الشكل الأولى له تصعب معرفته وإن كان سباركس Sparks يري في ذلك أن السطح الأصلي السابق لتكون أنظمة التصريف المائي عادة ما يتضمن تجويفات تتوزع بشكل عشوائي تنتهي إليها الأنهار لتحولها إلي برك وبحيرات تتجمع فيها المياه في شكل مجري مائي محدد.

وكما ذكرنا فى دراسة السفوح فإنه كلما زاد التساقط على طاقة التشرب فى التربة، فإن الماء الزائد ينساب فى شكل جريان سطحى، ويبدو الجريان على السفوح بطيئة الانحدار والمنتظمة غطائيا sheet folw فى شكل راقة مائية تتحرك فى اتجاه الانحدار ينتج عنها ما يعرف بالنحت الغطائى ويستطيع فقط نحت الصلصال والغرين تاركا الرمال والحصباء كرواسب متبقية على السطح residual deposits أما المياه التى تتحرك على سطح غير منتظم فإنها عادة ما تنساب فى شكل نهيرات صغيرة (جداول Rills) ونتيجة لذلك تزداد سرعة التدفق المائى، يرتبط بذلك زيادة قدرتها على النحت بمعدل أكبر من الجريان الغطائى، وتقوم هذه الجداول المائية بتعديل منحدراتها الأصلية من خلال زيادة أبعادها واتخاذها أشكال أودية محددة الجوانب، تنحدر نحو القناة (المائية)، ويرتبط تطور هذه الأودية بالنحت الصاعد headward erosion والتعميق، وتتشكل شبكة من خطوط التصريف المائى كل منها يجمع مياهه من حوض تصريف مائى صغير(*).

وجدير بالذكر أن عمليات النحت تزداد قوة على السفوح غير المحمية بالغطاءات النباتية والتى بدورها تقوم بحماية السطح من خلال امتصاصها لقطرات

(*) حوض التصريف يمثل المساحة السطحية التى يستمد منها النهر مياهه وحمولته من الرواسب، ونسمى حدوده بخطوط تقسيم المياه والتى تفصل حوض التصريف عن غيره من الأحواض.



شكل رقم (١٦)

المطر وبالتالى تضعف من قدرتها وتقلل طاقتها قبل سقوطها على الأرض، إلى جانب ما تقوم به الجذور من تماسك للتربة ضد عمليات النحت بفعل قطرات المطر.

ويقدر بأن كمية من المطر معدلها السنوى من ٢٥ ـ ٣٥ سم يمكن أن ينتج عنها جريان سطحى على سفح فقير فى غطائه النباتى.

ومع وضوح شبكات الأودية بروافدها فإن العمليات التحاتية السائدة من تجوية ونحت بفعل قطرات المطر تستمر فى إضافة المواد الصخرية المفتتة إلى النهر لتساعده فى تطور واديه وتشكيل وإبراز أنماط جديدة من السفوح. ولاشك أن العمليات السابقة بجانب قوى الجاذبية لها شأن كبير فى تطور أحواض التصريف المائى وفى تخفيض السطح، يتضح ذلك الشأن الكبير إذا ما عرفنا أن ٥٪ فقط من مساحة الحوض النهرى تشغله القنوات المائية.

ـ حركة مياه النهر :

أ ـ الجريان الطبقي أو الصفحى Laminar flow :

يتم الجريان الصفحى فى حركة بطيئة جدا خلال قناة النهر فى شكل طبقات أو فرشات مائية إن صح التعبير تتعاقب فوق بعضها البعض، وهذا الجريان ليس كافيا ـ كما ذكرنا سابقا ـ للقيام بأى دور للنحت ولا يقوم فى العادة بحمل رواسب عالقة، ويشبهه سباركس بانزلاق ألواح شبه أفقية الواحد منها فوق الآخر (سباركس، ١٩٨٣، ص ١٣٤).

ب ـ التدفق الدوامى Turbulent flow :

يتم خلال هذا النوع من التدفق حركة مضطربة لمياه النهر بسرعة تتراوح بين متر واحد إلى ثلاثة أمتار فى الثانية، فى شكل سلسلة من الدوامات المائية eddies الثانوية والمشوشة مركبة فوق التدفق الرئيسى للنهر.

وتقل السرعة قرب القاع بسبب الأثر الاحتكاكى frictional ويعمل التدفق الدوامى على حمل الرواسب لمسافات بعيدة على طول مجرى النهر.

جـ ـ سرعة جريان مياه النهر Velocity:

تتأثر سرعة مياه النهر بعدد من المتغيرات تتمثل فى انحدار قاع المجرى ودرجة خشونة القناة، والتصريف المائى والحمولة load، ويعد الانحدار أهمها جميعا حيث تتحول من خلاله الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية، ويعمل عدم الانتظام فى جوانب القناة المائية وفى قاعها على زيادة الاحتكاك بالمياه واضطراب جريانها ويؤثر كذلك على سرعة الجريان، وعادة ما يزداد الاحتكاك مع زيادة عدم الانتظام فى الجوانب والقاع، وهذا (الاحتكاك) أقل فى القنوات نصف الدائرية

semicirularc channels وذلك لأن الأسطح المبتلة بها أقل منها فى الأشكال الأخرى، مع الأخذ فى الاعتبار أن معظم القنوات المائية الطبيعية أوسع وأكثر ضحولة من الشكل النموذجى سابق الذكر.

ـ النحت فى الأنهار :

أ ـ النحت الميكانيكى أو البرى :

تتم هذه العملية من خلال الضغط على القاع مع ما تحمله المياه من رواسب مما يؤدى إلى تقطيع القاع وتفتت صخوره حيث إن المياه المحملة بالرمال والحصى تكون قادرة على النحت وتشكيل خوانق عميقة deep gorges على طول مجرى النهر، وتتماشى قدرة النحت النهرى فى حالة الأنهار التى تتكون حمولتها من رمال وحصباء مع مربع سرعة النهر فى علاقة ارتباطية، فكلما زادت سرعة التيار زادت كميات الرواسب والمفتتات الصخرية بشكل أكبر من المرحلة السابقة لزيادة سرعة التيار وبالتالى يكون تأثيرها على النحت أكبر بكثير.

ب ـ الفعل الهيدروليكي :

يقصد به قيام مياه النهر بدون مساعدة الرواسب بنحت القاع، وينتج عن ذلك اصطدامها بالرواسب القاعية السائبة واصطدامها كذلك بالجوانب مما يؤدى إلى زيادة تفككها ورفعها وجرها إلى الأمام فى اتجاه الجريان المائى، وتتراوح أحجام هذه الرواسب ما بين الغرين والجلاميد.

جـ ـ الإذابة Solution :

من المعروف أنه من وجهة النظر الكيماوية لا يوجد فى الظروف الطبيعية ماء نقى، حيث إن مياه الأنهار تحتوى على مواد مذابة، وهذه المواد تساعد بدورها على زيادة كفاءة المياه كمذيب لبعض المواد.

على سبيل المثال نجد أن الأنهار التى تجرى فى سبخات أو مستنقعات bogs تلتقط ثانى أكسيد الكربون والأحماض العضوية من النباتات المتحللة، كما يمكن للسليكات أن تذاب فى مياه الأنهار تحت ظروف معينة، كذلك تذاب التكوينات الجيرية بسهولة فى مياه الأنهار التى تحتوى على الأحماض التى تحول الكربونات

الموجودة إلى بيكربونات قابلة للإذابة، ويقدر بأن نحو ٥ بليون طن من المواد الصلبة بالقارات تذاب سنويا معظمها بواسطة المياه الجوفية وجزء كبير منها يرتبط بمياه الأنهار، فعلى سبيل المثال يقدر ما يحمله نهر المسيسبى من المواد المذابة نحو ١٢٦ مليون طن، ويعتبر نهر شانون بأيرلندا نموذجا لنهر ساعدت الإذابة والنحت الكيماوى corrosion فى تكوين مجراه، ولذلك كانت الأنهار التى تجرى فى مناطق ذات صخور جيرية أقدر على تكوين أودية عميقة بالمقارنة بنظائرها التى تجرى فى مناطق ذات تكوينات صخرية نارية أو فى تكوينات من الحجر الرملى، وهذه يمكن ملاحظتها فى قطاع نهر النيل الممتد فى تكوينات الحجر الرملى النوبى nubia sandstone جنوب ثنية قنا بقطاعه الممتد خلال تكوينات الحجر الجيرى الإيوسينى، وكذلك بمقارنة الأودية الجافة فى هضبة المعازة الجيرية مثل وادى قنا ووادى طرفا بنظائرها بهضبة العبابدة الرملية النوبية حيث تبدو الأولى عميقة المجرى ذات حافات شديدة الانحدار نحو قيعانها على العكس من الثانية التى تبدو أكثر اتساعا وأقل عمقا.

ـ النقل بواسطة الأنهار :

تقوم الأنهار بنقل رواسبها (حمولتها) عن طريق الانزلاق والتدحرج بالنسبة للرواسب الخشنة على طول قيعانها، وعن طريق حمل الرواسب الناعمة من الرمل والغرين، بينما تحمل العناصر القابلة للإذابة فى شكل حمولة مذابة، ومما يعزز قدرة النهر على الحمل أن معظم المفتتات الصخرية والمعدنية المحمولة بواسطة مياهه تفقد ٤٠٪ من وزنها فى حالة وجودها مغمورة بالمياه، وسواء كانت مفتتات منقولة على القاع أو حمولة عالقة فإن نقلها يعتمد أساسا على حجمها ووزنها وسرعة تيار الماء بالنهر.

أ ـ النقل علي القاع (حمولة القاع Bed load) :

تعد أكبر الرواسب فى حجم حبيباتها، ويتم نقلها بواسطة التدحرج rolling على طول قاع النهر، ونتيجة لدحرجتها يتم تكسرها بسبب اصطدامها ببعضها البعض فى عملية ميكانيكية يطلق عليها طحن الرواسب attrition.

ب ـ القفز Saltaion :

تتميز الرواسب التى تنتقل بهذه الطريقة بأنها أصغر حجما من السابقة وتشبه طريقة قفز الحبيبات الرملية الخشنة على سطح صحراوى صلب بفعل الرياح.

جـ ـ النقل بالتعلق Suspension :

يتم النقل بالتعلق بالنسبة لأصغر الحبيبات حجما، ويقصد بها نقل رواسب الغرين والطين الدقيقة فى جسم الماء الجارى وتزداد مع حدوث تدفق دوامى لمياه النهر.

ء ـ النقل بالإذابة Solution:

تعد طريقة نقل كيماوية غير الطرق الميكانيكية السابقة حيث تنتقل الرواسب بطريقة الإذابة كما ذكرنا آنفا.

وسائل قياس حمولة النهر :

بالنسبة لحمولة القاع فإنه رغم صعوبة قياسها، فقد تمت محاولات من خلال عمل مصايد للرواسب فى قاع الأنهار تسمح بتراكم الرواسب أمامها ثم يتم رفعها ووزنها وحساب معدلات الترسيب والنقل على القاع خلال فترات زمنية محدودة.

أما الحمولة العالقة فهى عادة ما تقاس بالمليجرام فى اللتر أو بالأجزاء فى المليون *p.p.m ويتم قياسها من خلال ترشيح المياه بورق ترشيح ثم تجفيف الورق عند درجة حرارة ١٠٥م، وبعد ذلك يتم حساب الكمية من الرواسب بمقارنة وزن الورق الذى تم تجفيفه بورق من نفس النوع والحجم لم يستخدم من قبل، ويتم الحساب من خلال المعادلة التالية :

$$\text{تركيز الرواسب} = \frac{\text{وزن الرواسب التى استخرجت} \times \text{مليون}}{\text{حجم عينة الماء بالسنتيمتر المكعب}}$$

أما المواد المذابة فيمكن حسابها من خلال تبخر كمية من مياه النهر يتم ترشيحها من الحمولة العالقة ثم يتم وزن الأملاح والعناصر المذابة.

* ـ اختصارا لـ Parts per million

القطاع الطولى للنهر ومستوى القاعدة :

تتميز القطاعات الطوليـة للأنهار فى معظم أجزائها بتقعرها تقعـرا خفيفا تجاه المنبع، ويبدو من المظهر العام للقطاعات الطولية لمعظم الأنهار أنها غير منتظمة على طول امتدادها حتـى المصب حيث تظهر مناطق عدم انتظام تتمثل علـى سبيل المثال فى الجنادل وما يرتبط بها من مندفعات rapids فى مناطق الصخور الصلبة وخاصة النارية أو المتحولة والتى لها القدرة على مقاومة عمليات التعرية، فتظهر فى مجرى النهر فى شكل نتوءات صخرية بارزة فى معظمها فوق مستوى سطح النهر، ويعمل وجودها على تضـييق المجـرى وتقسيـمه إلى أكثـر من قناة، وينتج عن ذلك زيادة سرعة الجريان النهـرى فيما يعرف بالمندفعات أو المسـارع، وتعد الشلالات أيضا من مظاهر عـدم انتظام الجريـان النهرى، وقـد تنتج للسـبب الأول أو بسبب حـدوث تغيرات فى مستوى القاعدة base level (راجع بالتفصيل المؤلف، ١٩٨٣، ص ص ٦٦ و ٦٧).

أما مستوى القاعدة فهو ببساطة المستوى الذى لا يمكن للنهر أن ينحت أدنى منه ويمكنه الوصول إليه فى حالة ما إذا وصل انحدار النهر إلى الصفر.

وهناك نوعان أساسيان لمستوى القاعدة :

أ ـ المستوى الدائم أو النهائى Ultimate base level :

ويقع هذا المستـوى أدنى قليلا من مستـوى سطح البحر، وقد يتـعرض هذا المستوى للتغـير بالارتفاع أو الهبوط الأيوستاتيكى أو التكتونى ومن ثـم يفقد صفة الدوام والتى أطلقت عليه بسبب البطء الشديد فى تغيره بالطرق السابقة.

ب ـ المستوى المحلى Local base level :

قد يتمثل هذا المستوى فى منخـفض داخلى تتجه إليه الأنهار التى لا تستطيع الوصول إلى البحر لأسباب يتمثل أهمها فى بعدها نحو الداخل أو قلة تصريفها أو بطء الانحدار، وقـد يتمثل هذا المستـوى أيضا فى بحيـرة داخلية مثل بحيـرة تشاد وكذلك بحيرة فيكتـوريا التى تمثل مستوى قاعدة محليا بالنسبة لنهـر الكاجيرا وغيره من الأنهار التى تمثل روافد استوائية عليا لنهر النيل.

وعندما يهبط مستوى القاعدة الدائم أو الرئيسى (مستوى سطح البحر) أو يرتفع اليابس تبزغ طاقة كامنة فى الأنهار التى تنتهى إليه مما يدفعها للنحت وتخفيض مجراها ليتناسب مع المنسوب الجديد لمستوى القاعدة، ويعرف ذلك بإعادة الشباب rejuvenation والتى من أهم مظاهرها وجود المدرجات الدورية التى تظهر فى شكل مدرجات جانبية متماثلة، تمثل بقايا لسهل فيضى سابق، وكذلك الجنادل والشلالات التى تمثل نقط تقطع knick points أو نقط تجديد على طول مجرى النهر وذلك فى حالة ما إذا كانت مرتبطة بتغير مستوى القاعدة.

الثنيات النهرية والسهل الفيضى :

River Meanders and flood plain

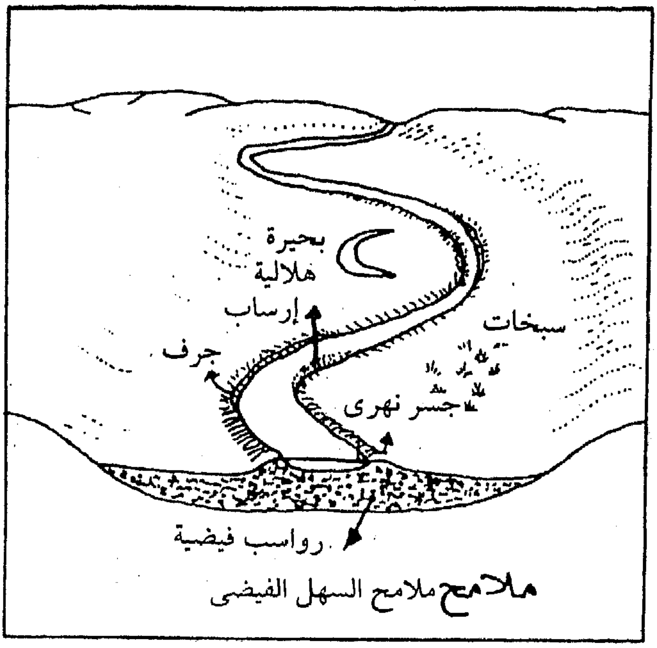
تنشأ الثنيات النهرية فى وقت مبكر من فترات النحت النهرى عكس ما هو شائع من كونها تنشأ عندما يتوقف النهر عن التعميق، بل إن السهل الفيضى قد يتكون قبل أن يتوقف النهر عن التعميق.

وجدير بالذكر أن هناك صعوبات بالغة فى تفسير النشأة الأولى للثنيات النهرية (سباركس، ١٩٨٣، ص ١٦٣).

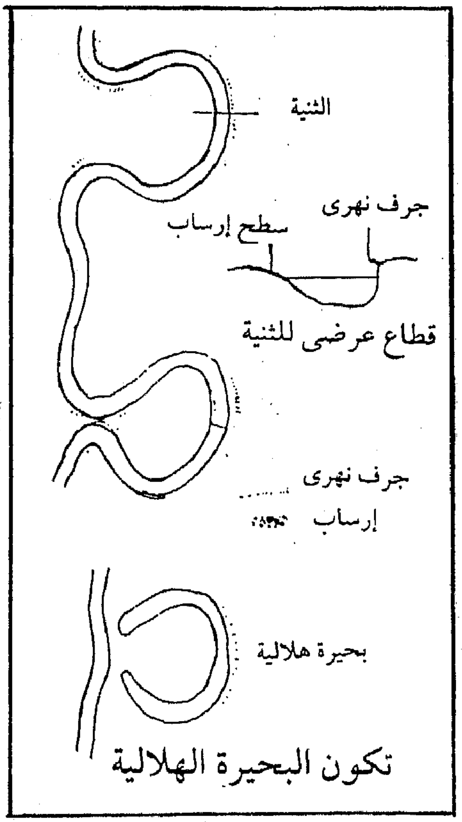
وقد أظهرت التجارب والقياسات الحقلية التى تمت على قطاع من نهر المسيسبى أن زيادة التصريف المائى تؤدى إلى توسيع نطاق الثنية وزيادة أبعاد الثنيات مثل طول موجة الانثناء meander - wave lenghth (شكل ١٨).

كذلك أظهرت تلك التجارب أن الانحدارات الخفيفة وقلة حمولة القاع تعمل على تكون الثنيات النهرية.

ويزداد حجم الثنيات بواسطة النحت فى جانبها الخارجى (المقعر) والإرساب فى الجانب المحدب، وربما تلعب الحواجز أو الجزر الطولية فى القطاعات المستقيمة بالمجرى النهرى دورها فى توليد تيار مائى يساعد من خلال اندفاعه نحو الجانب الخارجى للثنية على النحت، وبالتالى على تطورها كظاهرة مورفولوجية مميزة للأنهار والتى نادرا ما تظهر مستقيمة فى الطبيعة، وعادة ما يتناسب حجم الثنية مع حجم النهر ويتراوح اتساع نطاق الثنيات بين ٨ و١٨ مرة قدر اتساع النهر (شكل ١٩).



شكل رقم (١٧)



شكل رقم (١٨)

ومع تطور الثنيات تستمر فى الهجرة الجانبية الدائمة نحو المصب down stream وفى هذا التحرك والهجرة المستمرة تتكون مدرجات نهرية وسفوح منهارة وجروف مقوضة تشهد على التطور المستمر للثنيات وهجرتها لمجراها.

ويمكن فيما يلى إيجاز المراحل التى يتم فيها تقطيع الثنيات وتكوين الأشكال المرتبطة بها.

أ ـ تبدأ هذه العملية بظهور رقبة الثنية فاصلة بين جانبين مقعرين نتجا عن النحت.

ب ـ اقتطاع الرقبة وتكوين جزيرة،يحدث ذلك عادة خلال فترات الفيضان.

جـ ـ يحدث إرساب على طول نهايتى اقتطاع الثنية حيث تتكون بحيرة هلالية ox - bow - lake قد تنصب مياهها بعد انفصالها عن المجرى النهرى وعدم تغذيتها بالمياه لتتحول فى النهاية إلى منطقة هلالية منخفضة فوق سطح السهل الفيضى تعرف بعلامة الثنية تظهرها خطوط الكنتور فى الخرائط التفصيلية مثل خرائط ١ : ٢٥,٠٠٠ فى مصر والتى تظهر بها الكثير من علامات الثنيات وغيرها من الظاهرات المرتبطة بتطور الثنيات على طول امتداد السهل الفيضى وعلى جانبى فرعى رشيد ودمياط.

أما السهل الفيضى: فهو عبارة عن المناطق المستوية والمتسعة على جانبى القناة المائية للنهر. حيث يحدث ترسيب نشط على جانبى النهر فى مرحلة الشيخوخة وذلك أثناء الفيضان، وحينما يحدث ذلك ترتفع الجوانب فيما يعرف بالجسور الطبيعية natural levees حيث تترسب المواد الخشنة فى أقرب منطقة من النهر، وكثيرا ما يفيض النهر بحيث تطغى مياهه على هذه الجسور وتغرق السهل الفيضى وتترك رواسبها على سطحه، ومع تتابع عمليات الترسيب الدورية يتم تكون وتطور السهل الفيضى.

وإذا ما كان القطاع العرضى للسهل الفيضى يأخذ شكلا محدبا إلى أعلى، ففى هذه الحالة يمكن أن تكون رواسبه قد أتت فى معظمها من الحافات المجاورة،

حيث يقوم النهر فى أثناء هجرته لمجراه بنحت الرواسب التى كان قد رسبها فى مرحلة سابقة،يضاف إليها كما ذكر الرواسب التى تأتى بفعل الفيضانات الدورية أو الفصلية.

الأنهار المضفرة Braided Streams :

عندما يكون النهر شديد السرعة، تزداد قدرته على حمل ونقل كميات كبيرة من رواسب القاع من الرمال والمواد الأكثر خشونة، ويمكن فى الوقت نفسه الضغط على جانبيه بقوة من خلال سرعته الزائدة وحمولته الكبيرة فإذا لم تتمكن الجوانب من مقاومة الضغط تنهار أو تغمر تماما بالمياه، وهنا تظهر للنهر قناة مائية متسعة ومستوية وتظهر بها حواجز رملية bars تعوق التيار المائى، ولذلك يظهر قاع النهر فى فترات الفيضان فى شكل قنوات متعددة تتلاقى مع بعضها البعض وتتفرق فى شكل مضفر، وهذه القنوات تتحرك بشكل مستمر بحيث تعطى نمطا متعدد القنوات multichannel braided pattern.

وهذا النمط شائع فى الأنهار التى يسودها الإرساب وإن كانت تحدث فى الأنهار التى تنحت نحتا سفليا أو تكون فى حالة التعادل، وتظهر فى الظروف المناخية التى يسودها تبخر سريع مع تسرب المياه فى الأرض أو استخدامها فى الأغراض الزراعية، ويظهر هذا النمط كثيرا فى الخرائط الطوبوغرافية المصرية مقاييس ١ : ١٠,٠٠٠ و ٥,٠٠٠ التى تبدو فيها الأجزاء الدنيا من الأودية الجافة بالصحراء الشرقية فى شكل قنوات متعددة المجرى ربما نتجت من وجود كتل نارية صلبة متفرقة تتفرع حولها المياه فيما يشبه الأنهار المضفرة وخاصة عقب سقوط أمطار سيلية.

الدالات النهرية :

تتكون الدالات عندما تضعف تماما سرعة النهر ويصبح غير قادر على نقل حمولته من الرواسب وذلك عند دخوله إلى بحيرة أو انتهائه بساحل بحرى.

وتعمل مياه البحر المالحة بالإضافة إلى ذلك على تلبد وتماسك flocculate جزيئات الطين لتصبح بذلك أثقل وزنا وتغوص بسهولة على القاع الضحل فى مياه

الشاطئ القريب، ويرى هولمز Holmes أن الكثافة النوعية للكتل المائية الثابتة -stat ic أو المتدفقة تعد عنصرا أساسيا فى تحـديد شكل الدلتا، فلو كانت مياه النهر أكثر كثافة من مياه البحر أو البحيرة ـ ربما بسبب حمولتها الزائدة من المواد العالقة ـ فإنها تغوص أسفل مياه البحر أو البحيرة حاملة معها الرواسب الدقيقة لمسافة بعيدة نسبيا من خط الشاطئ وذلك فى شكل تيـار مائج turbidity ولا تتبقى سوى الرواسب الخشنة لتكون الدلتا، أما إذا ما كانت العكس فإن المياه النهرية المحملة بالقليل نسبيا من الرواسب العالقـة تنساب لمسافات كـبيرة فوق الماء البـحرى أو البحيـرى الأكثر كثافة بسرعة أكبر ولمسافة أطول مثلما هو الحال فى نهر المسيسبى حيث المواد العالقة به قليلة نسبيا.

ويحدث على هوامش هذا الجـريان المائى السطحى أن تقل السرعـة ويحدث الترسـيب وتنتج عنه رواسب وتراكـمات accumlations جانبـية من مـواد تشكل حدودا واضحة للمـياه الجارية فى شكل قنوات محددة المعالم، وعـندما تغمر هذه الجوانب بالمياه أثناء الفـيضانات الدورية تزداد حجما وتتـشكل قنوات جديدة تأخذ شكلا يشبه قدم الطائر bird's foot pattern.

وجدير بالذكر أن الدالات فـى نموها وكذلك السهل الفيضى تـتأثر عادة ببناء السدود والخزانات على النهر الرئيـسى أو على روافده حيث تحتجز كمـيات ضخمة من الرواسب مما يؤدى إلى إعاقة نمو الدالات، بل كثيرا ما تتعرض قواعدها الممتدة على طول السـاحل إلى التراجع بزيادة مـعدلات النحت الـبحرى ونـقص كمـيات الرواسب القادمة مع مياه النهر.

ومن العوامل التى تقلل من كـمية الرواسب القادمـة إلى منطقة المصب فى أى نهر كـثرة البحـيرات على طول القطاع الطولى للنهـر والتى تعد بيئـات إرساب يفقد خـلالها النهر جزءا من حمـولته، وكذلك ظروف الجفاف فى مـنطقة الجزء الأدنى من النهـر، بينمـا يعمل المناخ المطيـر على زيادة تصرف النهـر وزيادة قدرته على حـمل وتحريك الرواسب وزيادة كـفاءته فى نقل الرواسب الخـشنة والكبـيرة الحجم.

ولظروف البيئة الساحلية دورها الكبير فى التأثير على معدلات نمو الدالات وتطورها، فالساحل الصدعى شديد الانحدار لا يساعد على تكون دلتا مهما كانت الرواسب القادمة بسبب الأعماق الكبيرة أمامه، مثال ذلك مصب نهر زائير الذى يبدو فى شكل مصب خليجى estuary وليس فى شكل دلتا بسبب الأصل الصدعى للساحل بجانب نشاط التعرية البحرية الزائد ومرور تيار بنجويلا موازيا للساحل، أما السواحل الإرسابية المنخفضة مثل سواحل خليج المكسيك أوساحل دلتا النيل فى مصر وساحل خليج المكسيك أو ساحل دلتا النيل فى مصر وساحل خليج البنغال فإنها تساعد على تكون الدلتا وامتداد رواسبها لمسافات كبيرة على حساب تراجع البحر.

وتأخذ الدالات أنواعا عديدة أهمها الدالات ذات الشكل المروحى arcuate deltas وهى أكثر الأنواع شيوعا، وعادة ما تتكون من رواسب خشنة مثل الرمل والحصباء، ومنها دلتا النيل ودلتا الكانج ودلتا نهر هوانجهو، والدالات الإصبعية degitated deltas وتتكون من رواسب دقيقة يتفرع خلالها النهر فى شكل قنوات قليلة التعرج بسبب شدة مقاومة الصخور الناعمة وتماسكها أمام عمليات النحت النهرى، ومنها دلتا المسيسبى، وتتكون من رواسب دقيقة يتفرع خلالها النهر فى شكل قنوات قليلة التعرج بسبب شدة مقاومة الصخور الناعمة وتماسكها أمام عمليات النحت النهرى ومنها دلتا المسيسبى.

ومن الدالات المصبية estuarine التى تأخذ شكل خليج يتسع باتجاه البحر مصبات الأنهار المغمورة submerged rivers مثل أنهار أوب فى روسيا والفستولا فى بولندا ودلتا نهر زائير، وكذلك أنهار الساحل الشرقى فى الولايات المتحدة مثل نهر ساسكوينا، ودلتا نهر الميكونج على ساحل بحر الصين الجنوبى.

المراوح الفيضية Alluvial fans وسهل البيدمونت :

عندما يجرى نهر جبلى محملا بكميات من الرواسب فى وادى ضيق بين كتلتين جبليتين نحو سهول منخفضة أو نحو قاع واد متسع فإن سرعته تتناقص بشكل فجائى مما يؤدى إلى ترسيب جزء كبير من حمولته فى شكل مروحة عند

حضيض الجبال، كما قد تتكون بعض المخاريط الفيضية alluvial - cones عندما يشتد انحدار الأرض نسبيا.

وقد يتسبب بطء السرعة عن نقص فى درجة الانحدار أو عن نقص كمية المياه، التى تتسرب فى رواسب المروحة الأقدم.

ويبدأ النهر فى التفرع على سطح المروحة فى شكل قنوات متفرعة وتبدو جوانب هذه القنوات ضعيفة أمام عمليات النحت، وبالتالى غالبا ما تنهار وتتسع مقاطعها العرضية، ويتناسب حجم المروحة (مساحتها) مع مساحة حوض الوادي الرئيسية ويزداد سمك رواسبها باتجاه أعالى الوادى وهى غالبا ما تتكون من رواسب الوادى، ولكن إذا ما حدثت انهيارات طينية (تدفقات طينية mudflow) فإنها تضيف مصدرا جديدا ورئيسيا لرواسب المراوح وخاصة فى العروض شبه الجافة، وعندما يكون هناك أكثر من واد ينتهى بمروحة فيضية فإن التحام هذه المراوح ببعضها البعض يكون سهلا رسوبيا يعرف بالبهادا Bajada (راجع بالتفصيل المؤلف، ١٩٨٣، ص ص ٨٣ ـ ٨٦). وجدير بالذكر أن المراوح الفيضية كثيرا ما تتعرض لأخطار السيول والتى تزداد درجة خطورتها تجاه قاعدة المروحة حيث تتميز القنوات المائية التى تخترق سطحها بالضحولة بينما أقل الأخطار تحدث عند القمة، وذلك بسبب زيادة عمق القناة المائية.

شبكات التصريف النهرى Drainage Networks :

تنقسم شبكات التصريف النهرى من خلال الشكل إلى أنماط رئيسية تتمثل فيما يلى :

أ ـ النمط الشجرى Dendritic pattern :

عادة ما يظهر هذا النمط فى المناطق ذات الطبقات الرسوبية الأفقية المتجانسة وفى مناطق الصخور النارية المعقدة، ويمثل الانحدار العامل الرئيسى الذى يحدد اتجاه النهر وروافده مع بروز أراضٍ ما بين الأودية والروافد فى شكل نتوءات بارزة تمثل قممها مناطق لتقسيم المياه، وفى هذا النمط تلتقى الروافد بعضها ببعض فى زوايا حادة.

ب ــ النمط المشبك Trills pattern :

يظهر فى مناطق تتعاقب فيها الصخور الصلبة مع الصخور اللبنية وتمتد الروافد الرئيسية متعامدة مع اتجاه النهر الرئيسى، وتمتد الروافد بفعل النحت التراجعى فى صخور ضعيفة وتبدو الصخور الصلبة متعاقبة مع الصخور اللينة بحيث تميل مع بعضها فى اتجاه واحد متعامدة مع اتجاه انحدار النهر الرئيسى، وتمتد الروافد بفعل النحت التراجعى فى صخور ضعيفة، وتبدو الصخور الصلبة فى شكل حافات escarpments أو تلال فقارية، وتمتد فى موازاة خط المضرب، بينما تمتد الروافد الثانوية فى موازاة النهر الرئيسى.

ومن أمثلة مناطق هذا التصريف جنوب شرق إنجلترا حيث تتعاقب فيها طبقات صلصالية لينة مع طبقات جيرية وطباشيرية صلبة، وتوجد كذلك فى الجزء الشرقى من حوض باريس بفرنسا حيث تعرف بأرض الحافات.

جـ ــ النمط الريشى Pinnate pattern :

يظهر ويتطور على السفوح شديدة الانحدار، ومن أنماط التصريف كذلك التصريف الشائك barbed والتصريف المستطيل rictangular. والأخير تظهر فيه آثار الصدوع والمفاصل فى أخذ النهر الرئيسى انحناءات قائمة مثلما يوجد فى شبه جزيرة إسكندنافيا.

ومن يدرس الأودية فى صحراء مصر الشرقية والنصف الجنوبى من شبه جزيرة سيناء يمكن أن يخرج بأنماط عديدة من أنماط الشبكات التى ترجع إلى اختلافات فى نوع الصخور ودرجات الانحدار وغيرها من العوامل.

وقد تم تصنيف كميات حديثة لشبكات التصريف تستخدم رتب النهر stream orders - كعنصر رئيس فى التقسيم، حيث إن أى شبكة تتكون من روافد الرتبة الأولى وهى الروافد الأقصر والأعلى منسوبا والأكثر عددا فى الشبكة. وتأتى من مناطق التقسيم متجهة نحو مناسيب أقل، وإذا ما التقى رافد من الرتبة الأولى برافد آخر من رتبته فيتكون رافد رتبة ثانية وهكذا إلى أن ينتهى الأمر بالنهر الرئيسى الذى يمثل آخر رتبة (أكبر رتبة) فى شبكة التصريف، ويوجد مقياسان هامان فى نظام شبكة التصريف يتمثلان فى :

أ ـ كثافة التصريف Drainage density :

وتأتى من خلال قسمة مجموع أطوال الأودية داخل الحوض ÷ مساحة الحوض.

وتشير قيمتها إلى مدى تقارب مجارى أو روافد الشبكة فيما بينها، وتظهر أهمية كثافة التصريف فى كونها تعبر عن أثر كل من نوع الصخر ونظامه والتربة والتضاريس والغطاء النباتى، وتتوقف قيمتها على كمية الأمطار الساقطة على حوض التصريف ومعدلات التبخر والتسرب والنفاذية.

ب ـ تكرار المجارى :

وتقيس النسبة بين عدد الروافد إلى مساحة الحوض بصرف النظر عن أطوالها.

وهناك مقاييس عديدة لقياس خصائص الحوض المساحية مثل طول الحوض وهو المسافة الأفقية بين نقطة مصب الوادى وأعلى نقطة فى الحوض، وعرض الحوض من خلال إيجاد متوسط عدد من القياسات يمثل عرض الحوض على مسافات متساوية، وهناك محيط الحوض، ويتم قياسه بعجلة القياس أو المقسم وهناك قياسات خاصة بالتحليل المورفولوجى لشكل الشبكة والحوض النهرى وتضرسه تنتج من خلال معادلات وعلاقات بين الأبعاد المختلفة التى أشير إلى بعضها من قبل، نسوق هنا بعض هذه المعادلات كما يلى :

معامل شكل الحوض = مساحة الحوض بالكم٢ ÷ مربع طول الحوض.

وتشير القيم المرتفعة لهذه العلاقة على اقتراب شكل الحوض من الشكل المربع.

نسبة الطول إلى العرض = طول الحوض بالكم ÷ عرض الحوض بالكم. وتعنى القيم المرتفعة اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل، والعكس.

ومعدل التضرس هذا يشير إلى مدى تضرس الحوض بالنسبة لطوله ونحصل عليه من المعادلة التالية :

معدل التضرس = الفارق التضاريسى داخل الحوض ÷ طول الحوض بالمتر.

رابعا : العمليات الهوائية وما يرتبط بها من أشكال

تلعب الرياح دورا هاما فى تشكيل سطح الأرض بالمناطق الصحراوية المدارية وفى العديد من المناطق الساحلية.

وتعكس الملامح المورفولوجية التى تتركـها الرياح فى تلك المناطق خصائصها من حـيث السرعـة والاتجـاه، ولذلك فمن الضـرورى عند دراسـة تلك الأشكال الهوائية أن نهتم بقياس سرعـة واتجاه الرياح إلى جانب الحصول على بيانات ترتبط بنظام سيادة الرياح من خلال عمل محصلة للرياح بالمنطقة المطلوب دراستها.

أولا : النحت الهوائى :

تقوم الرياح بالنحت من خـلال إثارة وتذرية المواد الصخرية الجافـة السائبة، حيث ترتفع الذرات فى بداية الأمـر فى حركة رأسية بواسطة الدوامـات الهوائية، وتظل الذرات فى المجـال الهوائى فى مسـاراتها المحـدودة، وعندما تفقـد طاقتـها الحركيـة تسقط ثانية على الأرض بسبب الجـاذبية الأرضية، وقـد ترتفع مرة أخرى بعد اصطدامـها بسطح الأرض بطريقة القـفز saltation أو تصطدم بذرات أخـرى فتـرتفع بالاندفاع، وإذا ما كانت الرواسب ناعـمة تظل عالقـة فى الهواء فى شكل سحابة من الغـبار قد تمتد بشكل رأسى وتتـحرك لمسافة بعيـدة ويظل أثرها واضحا فتـرة طويلة نسبيـا حتى بعد انتـهاء الرياح التى أوجدتهـا، ولكى يكون دور الرياح مؤثرا فى تحريك الرواسب لابد أن تكون الرواسب جـافة وسائبة (غير مـتلاحمة) فبالنسبة للذرات التى تتميز بكثافتها النوعية المتجانسة نجد أن هناك علاقة مباشرة فى هذه الحـالة بين حجم هذه الذرات وسـرعة الريـاح المطلوبة لبدء تحـركهـا، فلكى تتحرك ذرات بقطر أكـبر من ملليمتـر واحد فإنها تحتـاج إلى رياح شـديدة السـرعة عادة ما تتحـرك بـين عقبتين، وعمـوما فـإن معـدلات نحت الرواسب تزداد إذا ما قلت فيها نسبة الذرات التى تزيد أقطارها على ٠,٨٤ ملم (Cooke, R. U. etal, 19.p 55).

وبالنسبة للتلاحم cohesion بين الذرات ودوره فى مقاومـة عمليات النحت بفعل الرياح نجده يحتل فى ذلك المرتبة الثانية بعد الجاذبية الأرضية وعادة ما يكون التلاحم بين الذرات الأقل من ١, ملم كبيـرا، وذلك بسبب عدم انتظام شكلها مما يساعد على تلاحمها عكس الحال مع الذرات كبيرة الحجم نسبيا كالرمال.

وإذا كانت التكوينات الـصلصالية شـديدة المقاومة للرياح فى حـالة تشبعـها بالمياه نجدها عندما تجف تضعف كثيرا وتصبح صيدا سهلا للرياح، ودليلنا فى ذلك انتشار تربة اللويس الهوائية فى مناطق واسعة من العالم.

ومن العوامل الأخرى التى تحد كثـيرا من قدرة الرياح على النحت ما يعرف بخشونة السطح surface roughness واتساعه، فكلما زادت خشونة السطح زادت مقاومته للرياح وعمل فى نفس الوقت على التأثير على حركة الرياح وسرعتها.

ويعتبر النبـات كذلك من المتغيرات التى تؤثر على طبيـعة النحت الهوائى فى أشكال عديدة، فنسبة الغطاء النباتى إلى المساحة الكلية لمنطقة ما تتحكم فى المسطح من الأرض المعـرض للنحت، بمعنى آخـر كلمـا زادت هذه النسـبة قلـت المساحـة المكشوفة التى يمكن للرياح أن تؤثر فيهـا، إلى جانب ذلك يزيد النبات من خشونة السطح وبالتالى يقلل من كفاءة وفعاليـة النحت الهوائى وخاصة مع ما يقوم به من خلال مجموعة الجزرى من تماسك للرواسب.

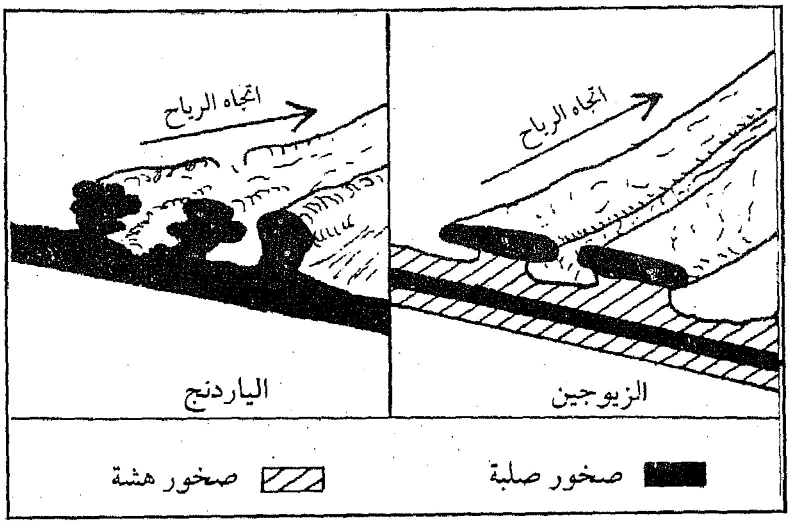
الظاهرات الناجمة عن النحت بفعل الرياح :

تتمثل أهم هذه الظاهرات فيما يلى :

أ ـ الأرصفة الصحراوية Desert bavements :

تظهر الأرصـفة الصحراوية فى شكل مـناطق متسعـة وشبه مسـتوية، يغطى سطحها بطبقـة رقيقة من الرمال الخشنة المختلطة بالرمـال الناعمة، يدل وجود هذه الرواسب بهـذه الصورة المخـتلطة على أثر النحت الهـوائى، فقـد لاحظ باجنولد Bagnold من إحدى تجـاربه المعمليـة تركز المواد الخشنة على سـطح رملى تعرض لتـيار هوائى، حـيث اندفـعت الرمـال متـوسطة الحـجم (٣, ٠ملم) أمام الرمـال الخشنة، بينما استقرت الرمال الناعمـة محتمية بين الذرات الخشنة (أكبر من ٥, ٠ ملم) والأخيرة تحتاج بدورها لرياح قوية تدفعها أو تحركها.

تعرف هذه الأرصفة فى المناطق الصحراوية الحارة بأسماء مختلفة مثل السرير فى ليبيا والرق فى الجزائر والجبير فى أستراليا وفى مناطق كثيرة تظهر أرصفة مكونة من أسطح متماسكة خالية من الرواسب، وتبدو أسطحها مصقولة بفعل حبيبات الكوارتز التى تحملها الرياح، وكثيرا ما تظهر تحززات طولية تمتد فى موازاة اتجاه الرياح السائدة وفى موازاة بعضها البعض ويبدو الأندسكيب الطبيعى فى شكل أخاديد طولية trenches تفصلها حافات يطلق عليها الياردنج شكل (٢٠).



شكل (١٩)

ب ـ الكدوات Hummocks :

تلال مستطيلة الشكل من نتاج التعرية الهوائية وتبدو فى الطبيعة فى شكل تلال مستطيلة ومنخفضة ذات قمم شبه مستوية وجوانب شديدة الانحدار، وتمتد هذه التلال المنخفضة (لا يزيد ارتفاعها على بضعة أمتار) فى موازاة بعضها البعض وفى موازاة الرياح التى كونتها، وقد نتجت عن هبوب الرياح فى منطقة ترسيب فيضى فى بطن وادٍ صحراوى، وما الكدوات سوى الأجزاء المتبقية من سطح فيضى سابق ساعد على بقائها متماسكة وجود بعض الشجيرات والنباتات داخلها وكانت هذه النباتات موجودة قبل عملية ترسيب السهل الفيضى نفسه.

ومن مناطق انتشار الكدوات فى مصر شمال سهل باريس وجنوب المحاريق فى الواحات الخارجة وفى منخفض الريان وبعض المناطق المتفرقة.

وتظهر الكدوات فى سهل باريس فى مواضع كثيرة على طول امتداد الطريق الأسفلتى حيث تظهر تحززات واضحة فى التربة الصلصالية، إذ وجد العديد من الكدوات تمتد فى صفوف طولية فى موازاة بعضها البعض وفى موازاة الرياح الشمالية السائدة، تظهر فيها بعض النباتات والشجيرات التى كانت بمثابة النويات التى ترسبت عليها وحولها الرواسب الصلصالية القديمة وعملت على تماسكها ومقاومتها النسبية لعمليات النحت الهوائى (صبرى محسوب، ١٩٩٢ ص ص ١٧٤، ١٧٥).

جـ - الصخور الارتكازية Pedestal rocks:

تتكون من طبقات صلبة متماسكة من الحجر الجيرى تتعاقب مع طبقات صلصالية لينة، حيث تتعرض الصخور الصلبة للانهيار بينما يحدث برى وتقويض ريحى للتكوينات الصلصالية الهشة، وتظهر مثل هذه الملامح فى مناطق مختلفة من الصحارى المصرية، وهى فى وجودها تمثل بقايا متبقية من أسطح تحاتية قديمة.

ء - أحواض التذرية Deflation basins:

تظهر فى شكل حفر تتراوح أقطارها بين عدة أمتار ونحو الكيلو متر، وتظهر هذه الحفر فى مناطق ذات مناخ جاف خالية من النباتات، وإذا ما سقطت الأمطار قد تتكون داخلها بحيرات أو برك وبعد تبخر مياهها يجف القاع الطينى ويتشقق إلى كريات صغيرة من الطين الجاف لا تتمكن الرياح من إزالتها (أبو العز، ١٩٧٧، ص ٢٢٢).

وتسمى حفر التذرية فى صحراء منغوليا بالبانج كيانج bang - kiang وهى عبارة عن أحواض كبيرة المساحة تكونت وسط رواسب رملية، يبلغ متوسط أقطارها أكثر من سبعة كيلو مترات مع أعماق تتراوح ما بين ٦٠ إلى ١٠٠ متر.

كذلك تظهر حفر أو أحواض التذرية فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية وجنوب وسط ولاية أوريجون وهى أحواض واسعة ضحلة وإن كان عمق بعضها يصل إلى أكثر من ١٥ مترا، وأقصى مساحة لأى حوض لا تزيد على كيلو متر مربع واحد، وتظهر فى قيعانها رواسب بحيرية جافة، وتعد الرياح من العوامل الرئيسية التى ساعدت فى حفر المنخفضات الصحراوية الضخمة بالصحراء الغربية وخاصة خلال فترات الجفاف التى تفصل بين فترات المطر البليستوسينى (راجع بالتفصيل كتاب الصحراء الغربية للمؤلف، ١٩٩٢).

هـ - الحصى الهوائى Ventifacts :

عندما تزيل الرياح الرمال الدقيقة من فوق سطح الأرض الصخرى، فإنها تترك تكوينات حصوية خشنة بأخذ بعضها الشكل الهرمى driekanter وبعضها ذو حافة حادة تمثل تقاطعا بين وجهين تسمى eikanter وتشبه ثمرة البندق البرازيلى، ويعتقد البعض أن هذه الأشكال الحصوية هى نتاج عمليات النحت بفعل الرياح، وإن كان البعض الآخر يتشكك فى ذلك ويرجعها إلى عمليات التجوية وخاصة الميكانيكية التى تسود فى المناطق الصحراوية الحارة (Derbyshire, E. etal, 1979).

النقل بفعل الرياح :

تنقل الذرات الدقيقة (الغبار) بواسطة التعلق بينما تنقل الذرات الخشنة على طول سطح الأرض بواسطة القفز.

وترتبط قدرة الرياح على نقل الحبيبات بسرعتها واضطرابها، فالرياح الهادئة يمكنها نقل الغبار بالتعلق ويمكن للنسيم الخفيف light breeze أن يدحرج الرمال الناعمة، أما النسيم القوى بسرعة ٢٠ مترا فى الثانية فيمكنه نقل حبيبات ذات أقطار تصل إلى ملليمتر واحد، أما الزوابع gales والهريكين فإنها تستطيع حمل الرمال بالتعلق لارتفاعات تصل إلى مئات الأمتار، ويمكنها أن تدحرج حصى يتراوح قطره ما بين ٥ إلى ٧سم، وهكذا نرى أن حمولة الرياح ترتبط أساسا بالسرعة (Allison, I, p 373).

أ - النقل بواسطة التعلق Suspension :

تنقل الرياح الذرات الدقيقة حيث يسهل عليها أن ترفع ذرات الغرين

والصلصال فى الهـواء لتظل عالقـة بالهواء فتـرة طويلة قبل أن تتـساقط ببطء على الأرض، خاصـة فى ظروف المناخ الجـاف حيث يمكنهـا ذلك من التحـرك عالـقة لمسافات طويلة، يعمل الشكل المفلطـح للحبيبات platy shape على مساعـدتها فى الحركة والتعلق بالهواء لأطول فترة ممكنة.

وجدير بالـذكر أن الحمـولة العالقـة تمثل جزءا مـحدودا من حمـولة الرياح الكليـة وإن كانت هناك اسـتثناءات فى منـاطق ترسيب المواد الناعـمة عند نهـايات الأودية الجليدية glaciens والتى يسهل نقلـها بالرياح فى صورة عـالقة إلى مناطق بعيدة، وقد تم نقل كميات ضخمة من الأتربة العالقة خلال البليستوسين وتراكمت فى شكل رواسب ترابية دقيقة وهى المعروفة بتربة اللويس وذلك فى مناطق واسعة من أوربا وشمال الصين (Statatham, 1, 1979. P 145).

وقد أظهرت الدراسات التجريبية أن الذرات الأقل من ٠,٠١ ملم يمكن أن تـتحرك بالتـعلق، ويرى Bagnold أن السـرعة المـطلوبة لتـحريك المواد النـاعمـة (٠,٢٥ ملم) تقدر ب ٢٠ سم/ ثانية.

ب ـ النقل عن طريق القفز Saltation:

تتحرك الرمال قرب سطح الأرض بطريقة القفز، وعندما يكون حجمها كبيرا يصعب نقلها بهذه الطريقة ويتم تحريكها ببطء عن طريق الزحف creeping.

ويتم القفز غالبا بتحرك الذرة إلى أعلى فى وضع رأسى بمساعدة الرياح التى تجرها فى حركة دائرية لتمتد بين لحـظة وأخرى متوازية مع التيار، وذلك فى حالة التـوازن بين السرعـة والجـاذبية، وعـادة لا يزيد الارتفـاع على المتر الواحـد وفى حـالات نادرة يصل إلى متـرين* وقد أكـدت القيـاسات الحقليـة أن معـدل حجم الحبيبات يتزايد مع الارتفاع وذلك فى الجـزء الأسفل من السحابة الرملية فى حالة هبوب رياح قـوية، وربما يرجع ذلك كمـا رأى باجنولد Bagnold إلى قوة تـصادم الحبات الكبـيرة بسطح الأرض مما ينعكس على ارتفاعـها فى الهواء (Warren, A., 1979. P 332).

* فى حالة هبوب رياح قوية وسريعة جدا.

وتكون عملية القفز فوق سطح رملى أبطأ منها فوق سطح صخرى صلب ومتماسك، حيث يعطى تصادم الحبات بالسطح الصلب المتماسك قوة دفع أكبر، وقد أوضحت التجارب المعملية أن معدل نقل الرمال يتناسب مع سرعة الرياح، بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل الحجم والكثافة النوعية للذرات وكثافة الهواء (التى تتباين مع الارتفاع فى المنسوب والاختلاف فى درجات الحرارة).

وعموما تزداد كميات الرمال المتحركة مع الرياح السريعة مع ملاحظة أن الرياح المتوسطة السرعة والتى تسود فترة طويلة من السنة يمكن أن تسهم فى نقل كميات كبيرة من الرمال.

الإرساب بفعل الرياح :

عادة لا تتم حركة الرمال وترسيبها فى المناطق الصحراوية بشكل عشوائى، ولكنها توجد فى أنماط محددة ترتبط بالرياح أكثر من ارتباطها بالمظاهر التضاريسية (الطبوغرافيا).

وجدير بالذكر أنه لابد لكى نتفهم الأشكال الإرسابية الهوائية وخاصة الكثبان الرملية sand dunes أن ندرس عدة عناصر مرتبطة بها يتمثل أهمها فى أسطح المناطق الواقعة بين الكثبان والتى عادة ما تغطى برواسب رملية تخفى تحتها التكوينات الحصوية الخشنة، فالعلاقة بين اتجاه الرياح وقوتها من جهة وكميات الرمال المنقولة من جهة أخرى ذات أهمية كبيرة فى تفسير خصائص الكثبان من حيث الشكل وكيفية التكوين.

وأهم ظاهرات الإرساب الهوائى :

أ ـ التموجات الرملية أو نيم الرمال Sand - ripples

تعد التموجات والحافات الرملية من الأشكال الرملية صغيرة الحجم التى تنشأ عن عملية ترسيب سريعة فوق سطح يتميز بالاستواء النسبى، ويعتمد طول الموجة على قوة الرياح، كذلك تعتمد النسبة بين الارتفاع وطول الموجة على اتساع مسطح التموج fetch، وعادة ما نجد ناتج هذه النسبة محدودا للغاية فى حالة الرمال المتجانسة الحبيبات ويزداد مع تزايد أحجامها.

ورغم نمو هذه التمـوجات فى محاور تمتد مع اتجـاه الرياح السائدة إلا أننا لا نعتبرها كثبانا رملية.

توجد أربعة عـوامل تؤثر فى ارتفاع وفى طول التموجات والحـافات الرملية تتمثل فى :

١ ـ الرياح التى تعد القوة المحركة لعملية قفز الحبيبات.

٢ ـ حجم الحبيبات السطحية.

٣ ـ تضاريس المنطقة.

٤ ـ حالة حركة الرمال.

وقد وجد أنه مع التمـاثل فى حجم الحبيبات الرمليـة فإن طول الموجة يزداد مع تدرج الرياح فى السرعـة، بينما يستوى سطح التـموج ويختفى عندمـا تتجاوز الرياح فى سرعتها حدا معينا كما يتضح ذلك من الجدول التالى رقم (٣).

العلاقة بين سرعة الرياح وطول الموجة فى نيم الريح

سرعة الموجة سم/ ثانية	١٩,٢	٢٥	٤٠,٢	٥٠,٥	٦٢,٥	٨٨
طول الموجة سم	٢,٤	٣	٥,٣	٩,١٥	١١,٣	—

عن باجنولد.

ويرى باجنولد أن التمـوجات العرضـية فى الرمال ترتفع بسـبب عدم توقف انسياب الـرمال حيث يتماثل طـول موجتها مع مـتوسط طول المسافة التى تقـطعها الحبيبات القافزة عند اصطدامها بالسطح، ولذلك يطلق على هذا النوع من النيم أو التموج نيم التصادم impact ripples.

ويتراوح مـعامل التـموج ripple index (النسـبة بين طول مـوجة التـموج وارتفـاعه) مـا بين ١٥ ـ ٢٠ مـترا يـزداد إلى ما بين ٥٠ ـ ٦٠ مـتـرا مع تسطح

التموج بهبوب رياح شديدة، وقد لاحظ شارب Sharp من دراسته للرمال بصحراء «موهافى» أن هذا العامل يتجه عكسيا مع حـجم حبة الرمل ويرتبط مباشرة بسرعة الرياح (صبرى محسوب، ١٩٨٤، ص ١١٨).

ب ـ الكثبان الطولية Longitudial Dunes:

تعرف كـذلك بالسيـوف الرملية وتنتـشر بشكل كبـير فى الصـحارى المدارية الحارة فى مـصر وليـبيا والجـزائر والجزيرة العـربية وصـحراء الأريزونا الأمـريكية وغيرها.

وعادة ما تظهر فى السهول شبـه المستوية المغطاة برواسب رملية مفككة على مساحة واسعة.

يرى باجنولد Bagnold أن هذه الأنماط من الكثبان الرملية قـد تكونت نتيجة لحدوث تيارات هوائيـة لولبية helicoidal تقـترن برياح قـوية تهب بشكل دائم من اتجاه محدد مع امتداد محـاورها فى محازاة هذه الرياح، وقد أكد كذلك أن الرياح الجانبية تحول الشكل البرخانى (الهلالى) إلى كثيب طولى وذلك بالعمل على إطالة أحد القرنين، وبذلك يصبح الشكل النهائى للكثيب محصلة لرياح ثنائية الاتجاه.

وقد أكد كل من ماكى McKee وتبت Tibbitt هذه النظرية وذلك من خلال دراستهمـا للكثبان الرملية جنوب غرب ليبـيا، ويؤكد هولمز Holmes رأى باجنولد أيضا، حـيث يرى أنه عند هبوب الرياح مـن اتجاه ثابت وقدوم رياح جـانبيـة قوية متقاطعة معها تتكون سلسلة من الكثبان الطولية فى شكل حافات مسننة تمتد موازية للرياح السائدة، ويضرب مثالا على هذا الكلام من سلسـلة كثبان غرد أبا المحاريق بالصحـراء الغربية والتى تفـصل بعضها عن بعـض سطوح صخرية عارية عـادة ما تكون المسافات متماثلة بينها ربما بسبب ثبات التيارات الهوائية الاهتزازية.

جـ الكثبان الهلالية:

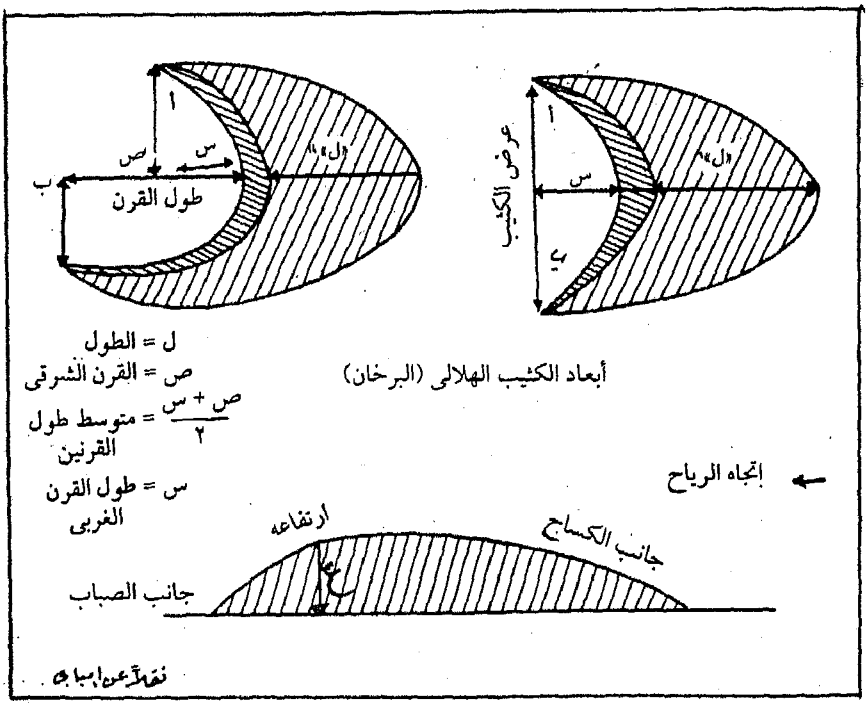
تأخذ الشكل الهلالى ويطلق عليهـا اسم برخانات وهو الاسم الشائع عالميا، والشكل العام له عـبارة عن كثـيب هلالى الشكل له جانبان ينحـدران فى اتجاهين متضادين الجـانب منها المواجه للرياح الرئيسية يسمى جـانب الكساح بسبب تعرض رماله للاكتساح بسبب هبوب الرياح، أما الجـانب الثانى فهو جانب الصباب ويتجه نحو منصرف الرياح، وعندما يكون هذا الجانب مستـقيما تنهال عليه الرمال وتصل

زاوية انحداره ما بين ٢٠ ـ ٣٠°، وقد سمى بالصباب؛ لأن الرمال تبدو وكأنها تصب فيه (إمبابى وعاشور، ١٩٨٢، ص ٧١) ويتكون للكثيب الهلالى أو البرخان قرنان horns أو جناحان يشيران إلى اتجاه منصرف الرياح السائدة، وهما يلتقيان فى نمط مقوس عند منتصف حضيض الصباب، كما أنهما ينتهيان بأطراف مدببة يختلف وضوحها من كثيب إلى آخر.

١ ـ أبعاد الكثيب الهلالى ما يلى كما يتضح ذلك من الشكل (١٨)

ـ **المحور الطولى للكثيب** = المسافة ما بين منتصف الكساح على طول خط يمتد إلى قمة الكثيب مستمرا فى الهبوط على سفح الصباب.

ـ **عرض الكثيب** = المسافة ما بين طرفى الكثيب الهلالى.



شكل (٢٠)

ويمكن حساب كثافة الكثبان الرملية فى أى منطقة من خلال حساب عددها ـ بصرف النظر عن الحجم ـ على مساحة معينة فى الكيلو متر المربع أو الفدان إلخ.

٢ ـ عوامل تكون الكثبان الهلالية :

تتمثل أهم عوامل تكون هذه الكثبان فيما يلى :

- هبوب رياح قوية من اتجاه واحد unidirectional wind على مدار العام.
- رصيف صحراوى صلب متسع ومنتظم وقليل الانحدار.
- توافر كميات كبيرة من الرمال.

وتختلف الكثبان الهلالية فى أحجامها وأبعادها الأخرى، فقد يتراوح الارتفاع ما بين خمسة أمتار، و١٥٠ مترا ويتراوح العرض ما بين خمسة أمتار و٤٠٠ مترا أو أكثر.

ويبدأ ظهور البرخان بتكون كومة رملية تزداد ارتفاعا حتى يستقر الوجه الظاهر للرياح (الصباب) مع حدوث إطالة مستمرة للقرنين، وقد يزداد طول أحدهما عن الآخر مما يشير إلى هبوب رياح غير منتظمة، وقد يكون السبب عدم انتظام كميات الرمال المضافة إلى قمته أو بإزالة الرمال من أقدام الجانب المظاهر للرياح إلى أن يصل انحداره إلى ٣٤ درجة (زاوية الاستقرار).

أما جانب الكساح فيتعرض للنحت بشكل أكبر مع تحرك هذه الرمال واستقرارها بشكل مباشر خلف القمة حيث يهبط تيار هوائى ويتجاوز الانحدار زاوية الاستقرار حينئذ تنزلق الرمال إلى أسفل مكونة ما يعرف بوجه الانهيار slip - face . راجع الصورة رقم (٥) التى تبين مستعمرة كثيبية قرب إحدى السبخات الصحراوية شرقى الجزيرة العربية.

وعادة ما تختلف سرعة البرخانات النشطة باختلاف أحجامها وأشكالها ومواقعها، ويعتبر وجه الانهيار بشكل عام من أكثر العوامل أهمية فى التأثير على حركة الكثبان الهلالية، ومع ذلك يجب عدم تجاهل أثر كل من نظم الرياح وكميات الرمال والطوبوغرافيا والغطاء النباتى.



صورة رقم (٥)

وإلى جانب الأشكال الرملية الرئيسية السابقة توجد أشكال أخرى عديدة مثل الكثبان العرضية transverse dunes التي يقل وجودها[١]، وإذا ظهرت فتبدو فى شكل سلسلة تتميز قمتها بالاستدارة وتمتد فى موازاة بعضها فى خطوط مستقيمة متعامدة على اتجاه الرياح السائدة، وتتراوح أطوالها ما بين ٨ إلى ٥٠ كيلو متر وارتفاعها ما بين ١٦٥ و ٢٧٠ مترا، وتشبه قممها قمم البرخان وتظهر بها بعض الحفر الناتجة عن الدوامات الهوائية.

ومن الكثبان الرملية أيضا الكثبان النجمية oghurd وتبدو ذات قمم مدببة وأذرع ممتدة شديدة الانحدار، وربما يرجع تكونها إلى تغير اتجاه الرياح وربما تكون قد نتجت من التحام كثبان رملية صغيرة بكثبان أكبر حجما.

وتوجد كثبان رملية وليدة يندر أن يتجاوز ارتفاعها ثلاثة أمتار، وقد تقل عن نصف المتر أحيانا تعرف بالنباك وتتشكل عندما تعترض الرياح المحملة بالرمال عقبة ما تتمثل غالبا فى النباتات[٢]، وتبدو النبكة ككثيب هرمى الشكل تمتد قمته نحو

---

(١) قد تظهر فى المناطق الصحراوية الخالية من النباتات.

(٢) راجع بالتفصيل (عبد الحميد كليو وإسماعيل الشيخ، ١٩٨٦).

منصرف الرياح مع ميل طبقاته بعيدا عن قمته فى اتجاهين مائلين عليها، ومع ذلك فقد تأخذ أشكالا أخرى مثل الشكل القبائى أو المدبب أو البيضاوى، كما أنها كثيرا ما تتخذ أشكالا غير محددة المعالم، ورغم تعدد أشكال النباك إلا أنها جميعا تتميز بامتداد محاورها فى موازاة الرياح السائدة مع تغطية الجزء الأكبر منها بنباتات البيئة الساحلية، ويتمثل دور النبات فى إعاقة الرياح المحملة بالرمال والأتربة وبالتالى خفض سرعتها بحيث تفقد جزءا كبيرا من طاقتها، مما يؤدى إلى تصيد الرمال وترسيبها خلف العائق النباتى الذى يمثل عنصر الخشونة على السطح.

خامسا : العمليات الساحلية وأهم الظاهرات الناتجة عنها

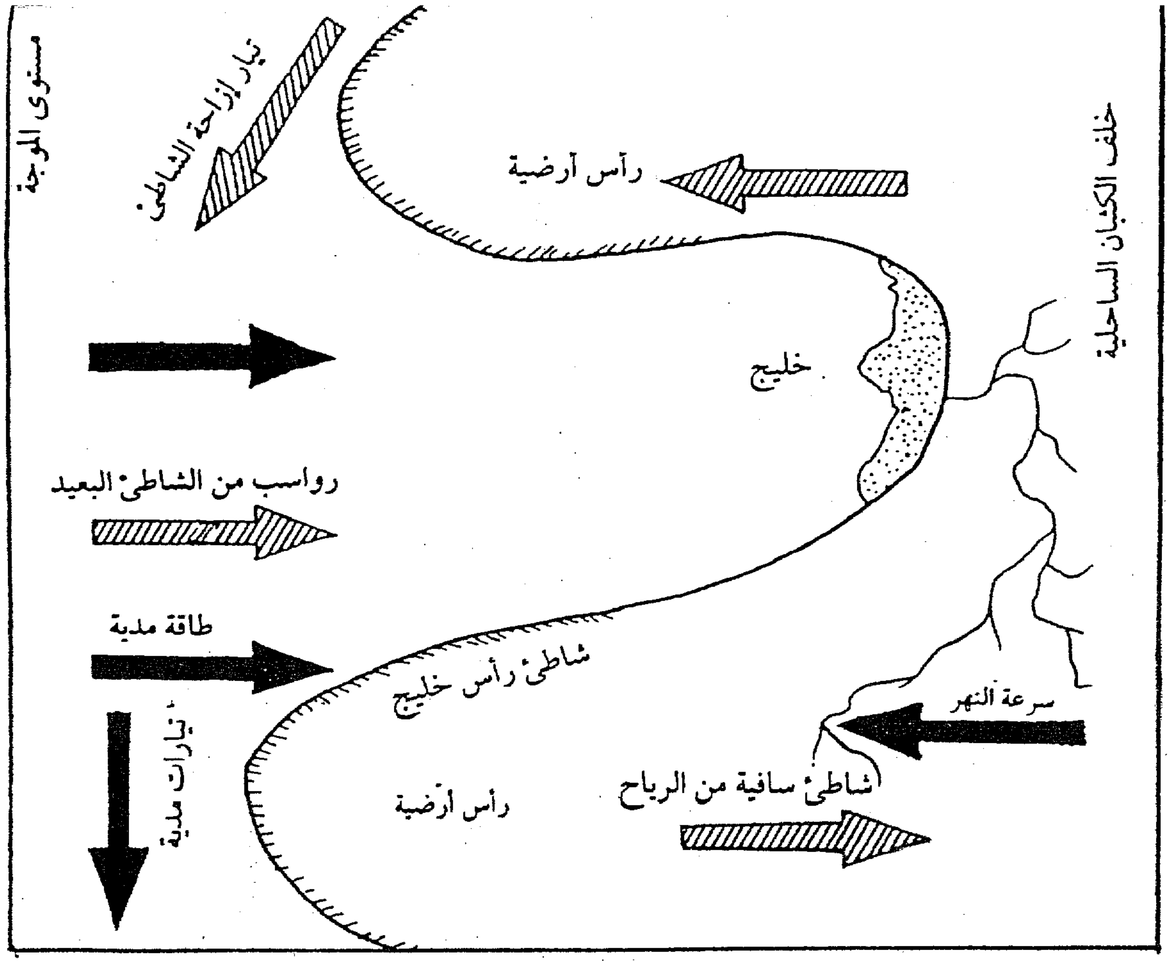
النظام الساحلى :

يعد الساحل من النظم المفتوحة open system ولذلك فإن حدوده الجيومورفولوجية يصعب كثيرا تتبعها وتحديدها.

ويظهر من الشكل رقم (٢٢) بعض الحدود المتاحة فى ساحل متعرج، وفيه نجد أن حده البحرى (تجاه البحر) ينطبق مع بداية دخول الأمواج فى منطقة الشاطئ البعيد off shore أما حده القارى فيتمثل فى نهاية آخر خطوط كثبان رملية ساحلية - إن وجدت - ويمكن الاعتداد بحد آخر للنظام الساحلى فى منطقة الرأس الأرضية متمثلا فى خط تقسيم المياه الذى يمتد فوقها.

تتمثل المدخلات inputs من الطاقة للنظام الساحلى فى الرياح والأمواج والمد والجزر وحركة الإزاحة على طول الشاطئ longshore drift والأخيرة تنتج عن التفاعل بين المدخلات الرئيسية للطاقة وطوبوغرافية الساحل الموضعية، وكل هذه المدخلات تحتوى على طاقة حركية،إلى جانب أن الأمواج والمد والجزر تحتوى على طاقة كامنة أيضا، يضاف إليها الطاقة الحركية من الجريان النهرى إذا كان موجودا فى النظام الساحلى.

وتعتبر الرمال القادمة مع مياه الأنهار من المدخلات الرئيسية لبعض النظم الساحلية حيث تأتى من أحواض هذه الأنهار إلى الساحل وتترسب فى العادة خلف خط الأمواج، وقد تتحرك هذه الرمال أثناء الجشنات البحرية surges من



النظام الساحلى فى صورة مبسطة

شكل رقم (٢١)

منطقة الشاطئ البعيد حتى خط الشاطئ shore line وإن كانت أقل الآن بالمقارنة بالماضى، وتمثل الرواسب التى تأتى بها حركة الإزاحة على طول الشاطئ المدخل input الرئيسى الثالث للرواسب فى النظام.

أما ما يخرج من النظام الساحلى out put من طاقة فهى تشبه المدخلات، وذلك لأن معظمها فى صورة طاقة حركية، فالتيارات المدية والأشكال المختلفة لفعل الأمواج تحول خلايا النظام وخارجه، وكذلك الرياح تسفى الرمال من الشاطئ وغالبا ما ترسبها بعيدا فى الداخل.

عوامل تشكيل السواحل :

أ ـ الأمواج :

تتكون الأمواج عن طريق الجر الاحتكاكى frictional drag بين الغلاف الجوى من جانب وسطح مياه البحار من جانب آخر، حيث تهب الرياح فوق سطح المياه، وإن كانت طريقة انتقال الطاقة من الهواء إلى الماء وكذلك كيفية تولد الأمواج wave generation مازالت غامضة فى كثير من جوانبها حتى الآن.

وتوصف الأمواج من خلال أبعادها (الارتفاع وطول الموجة وفترتها)، يقصد بارتفاع الموجة المسافة الرأسية بين قمتها وقاعها، وعادة ما تتساوى هذه المسافة الرأسية مع قطر المدار الدائرى لجزيئات المياه داخل الموجة قبل وصولها إلى المياه الضحلة واحتكاكها بالقاع وتغير شكل الجزيئات داخلها.

أما طول الموجة فيقصد به المسافة بين قمتين متتاليتين، وبالنسبة لفترة الموجة فهى عبارة عن الوقت الذى يستغرقه مرور قمتين متتاليتين على نقطة ثابتة.

وتتميز الأمواج بعد خروجها من منطقة تولدها فى المياه المفتوحة بقمتها المستديرة مع حركة جزيئات الماء داخلها فى مدار دائرى بحيث تتحرك فى أعلاه نحو الأمام فى اتجاه حركة الموجة وأسفله نحو الخلف ـ تجاه البحر ـ وإن كانت السرعة أعلاه أكثر قليلا من السرعة الخلفية، وحركة الأمواج فى الحقيقة حركة اهتزازية، فبينما تتحرك الموجة إلى الأمام ظاهريا فى شكل سلسلة متتابعة أو ما يعرف بقطار الأمواج wave train فإن الماء بداخلها لا يتحرك بهذه الكيفية، فالموجة باختصار تنقل الطاقة ولكنها لا تنقل المادة The wave transimit energy not matter.

وما يميز الأمواج كذلك أنها ترتبط بسطح الماء فقط وتعد بالتالى من ملامحه الرئيسية ولا تصل إلى الأعماق البعيدة.

ويوجد نوعان واضحان للأمواج : النوع الأول ـ يطلق عليه أمواج البحر sea - waves وهى التى تتولد داخل منطقة تولد الأمواج فى خليط مضطرب ومتباين الأبعاد، والنوع الثانى ـ ما يعرف بالأمواج المحيطية أو العادية swell* وترنبط قوة الرياح وسرعة تولد الأمواج بمساحة منطقة التولد وامتداد طول المسافة النى تهب فوقها الرياح المولدة للأمواج، حيث تزداد الطاقة المنقولة كلما زاد طول هذه المسافة fetch.

وتأخذ طاقة الأمواج شكلين: الطاقة الكامنة ـ ونقاس بارتفاع الموجة فوق سطح الماء، والطاقة الحركية ـ ويتضمنها المدار الدائرى لجزيئات الماء داخل الموجة orbital motion، أما الطاقة الحركية فإنها تحول إلى حركة للمياه فوق الشاطئ الرملى beach وكذلك تتحول إلى حركة للرواسب فوق الشاطئ بعد توزيعها بتكسر الموجة.

ويمكننا تمييز السواحل ذات الطاقة المرتفعة والأخرى ذات الطاقة المنخفضة من خلال ما يطرأ على الأمواج من تغييرات عند اقترابها من المناطق بقممها التى تضيق بشكل واضح بالاتجاه نحو الساحل عند لحظة تكسرها، ويحدث عكس ذلك على السواحل منخفضة الطاقة.

ويعد انحراف الأمواج المقتربة wave refraction السبب الرئيسى فى تركيز طاقتها، فعندما تقترب الأمواج بميل obliquely على طول المنطقة الشاطئية الضحلة يعنى ذلك احتكاك قاعها بالمظاهر الطوبوغرافية الغارقة كالحافات وغيرها مما يؤدى إلى زيادة انحرافها وتضييق قممها حيث تتركز قوتها على الرءوس الأرضية head lands، وذلك لأن المياه العميقة نسبيا أمام هذه الرءوس تسمح بوصول أكبر طاقة تتكسر على الرأس، وعلى العكس من ذلك نجد الخلجان مناطق طاقة منخفضة، حيث تمثل مناطق ساحلية محمية.

(*) تتميز أمواج البحر بارتفاعها الكبير وطولها القصير وفترة تردد قصيرة مع تميزها بالتحدر stepness الشديد (الارتفاع إلى الطول).

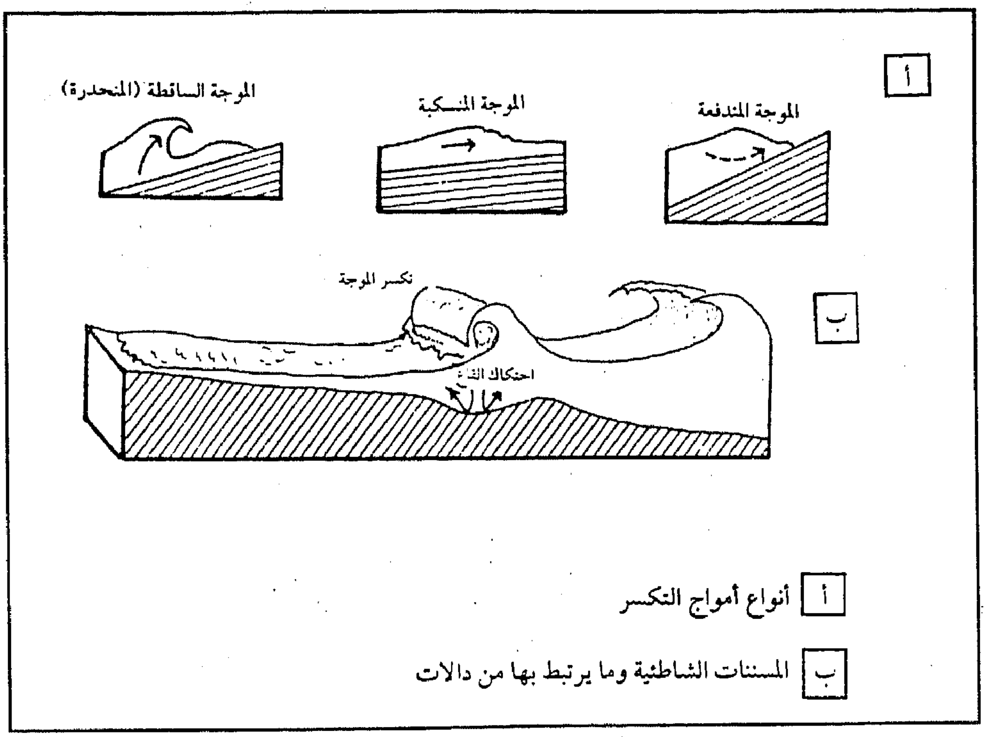
أما الأمواج المحيطية فهى أمواج قبابة منخفضة طولها كبير وأقل فى تحدرها وأقل قدرة على النحت من الأولى.

أما عن حركة الرواسب على الشـاطئ فإنها فى الحقيقة عمليـة معقدة للغاية وتتسبب أساسا عن الأمواج والتيارات والتفاعل بينهما.

وتوجد ثلاثة أنواع لأمواج التكسر Berakers (شكل ٢٠) :

١ ـ النوع الساقط أو شديد الانحدار plunging - breaker :

تتميز بقمتها الحادة وانحدارها الشديد (الرأسي تقريبا)، ويحدث عند تكسرها خروج الطاقة بشكل عنيف مما يؤثر على صخـور الشاطئ الذى يتعرض لها والذى يتميز بانحداره (راجع بالتفصيل للمؤلف جيومورفولوجية السواحل).



شكل (٢٢)

* يعنى الانحراف تغير فـى الاتجاه مع تغير فى السرعة من انتقـالها من المياه العميقة إلى المـياه الضحلة واحتكاك مدارها الدائرى وصخور الشـاطئ وتحوله من المدار الدائرى إلى المدار البيضاوى حيث ترتفع قمـتها وتضيق ويقصر طولها وتتجاوز سرعة جزيئات الماء سرعة الموجة نفسها.

٢ ـ النوع الثانى الأمواج المنسكبة spilling breaker :

تأتى إلى سواحل متدرجة وتعد من الأنواع البانية والتى تنتشر طاقتها عند تكسرها على مساحة واسعة مما يؤدى إلى تشتتها وضعفها وعادة ما يصاحبها رغاوى foams، وفقاقيع وذلك لخروج الهواء منها عند تكسرها على الشاطئ المنخفض.

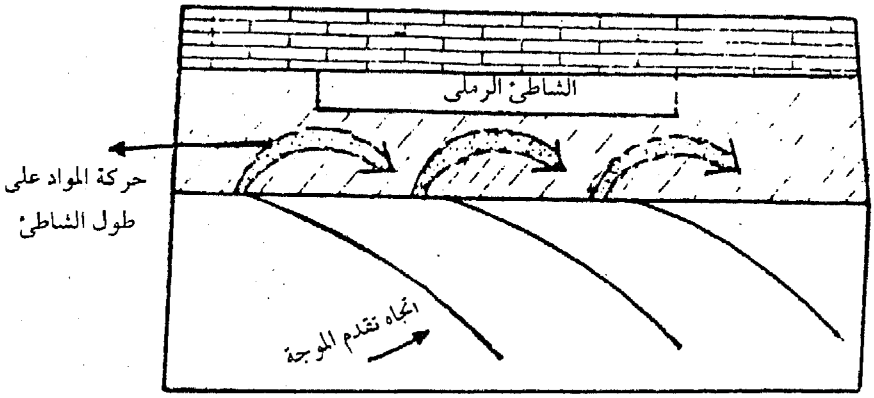
٣ ـ أمواج الجشنات البحرية surging:

لا تتكسر هذه الأمواج بطريقة الأمواج السابقة، ولكنها عند تكسرها تنهار وتسبب اندفاع المياه نحو الشاطئ وينتج عنها غمر للسواحل التى تتعرض لها وتدمير للمنشآت الساحلية، ويصحب تكسرها انتشار كميات كبيرة من رغاوى البحر مثل النوع السابق.

وعندما تتكسر الأمواج فإنها تقذف بالرواسب العالقة، ويمكننا أن نلاحظ ذلك على أى شاطئ يتعرض لتكسر الأمواج عليه.

وكما هو الحال فى الأنهار فإن الرواسب هنا تنقل كحمولة قاع bed load وبطريقة التعلق والقفز، وتزداد كميات الرواسب العالقة فى منطقة تكسر الأمواج فى منطقة تقدم الأمواج على الشاطئ swash، وذلك بسبب ما يصاحب حركة الأمواج من اضطراب ودوامات مائية تثير رواسب القاع الضحل، خاصة عندما تتقابل حركة تقدم الأمواج مع حركة تراجع الأمواج السابقة، وطبقا لما ذكره «كومر» Komar فإن الحمولة العالقة تقل فى الموجة المتكسرة ربما بسبب عدم وصولها إلى القاع لتثير الرواسب إلى جانب استخدام طاقتها الممتصة بواسطة الماء فى عملية التكسر، كما أن الاضطراب والدوامات أقل منها بالمقارنة بمنطقة التكسر surf zone حيث يتم نقل الحمولة هنا من خلال التحرك على القاع أو بالقرب منه (شكل ٧١).

وتنقل كميات كبيرة من الرواسب فى الشاطئ القريب near shore بواسطة تيار الإزاحة الشاطئى، وهذا يتم نتيجة لاقتراب الأمواج إلى الشاطئ بشكل منحرف وفى صورة مياه إضافية تتحرك على طول الساحل بعيدا عن خط الأمواج المقتربة، ويتم تحريك الرواسب بواسطة تيار الإزاحة الطولى فى حالة ما إذا كانت



حركة الإزاحة على طول الشاطئ

شكل رقم (٢٣)

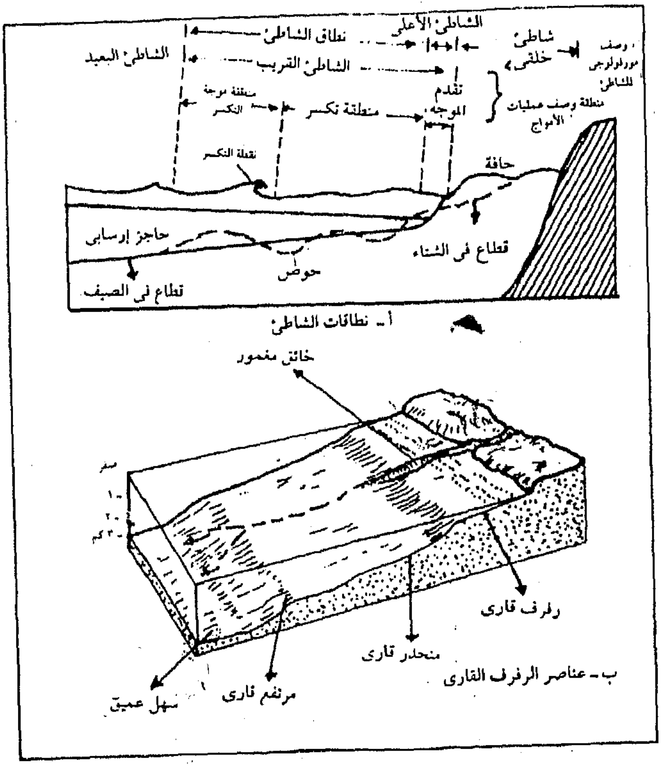
سرعته قرب القاع كافية لبدء تحرك الرواسب وهى فى ذلك تتضافر مع الأمواج، حيث إنه عندما تزداد سرعة جزيئات الماء بالمدار الدائرى بالموجة عند احتكاكها بسطح الشاطئ تبدأ مرحلة تحرك الرواسب، أما إذا ما حدث تقدم وتراجع للموجة فقط فإنه فى هذه الحالة لا يحدث تحرك للرواسب الشاطئية.

والواقع أن ما ذكر آنفا من تداخل عمليات نقل الرواسب على الشاطئ يعد من الأسباب الحقيقية وراء تعقيدها وصعوبة تفهمها.

ب ـ المد والجزر High - tide - and - low - tide

المد والجزر: حركة تنتاب مياه البحار والمحيطات والمسطحات المائية المختلفة، تسببها أساسا قوى الجاذبية الناجمة عن القمر والشمس، وهى ببساطة عبارة عن تذبذبات فى مياه البحار أو المسطحات المائية تتأثر بجانب الجاذبية القمرية والشمسية بحجم وشكل الحوض.

وينقسم المد والجزر إلى ثلاثة أنواع: النوع الأول ـ وهو النوع اليومى dur-naltide ويحدث فيه مد واحد وجزر واحد خلال ٢٤ ساعة، والنوع



شكل رقم (٤ ٢)

الثاني ـ نصف اليومى semedurnal tide ويحدث فيه مدان وجزران فى نفس المدة السابقة ، والنوع الثالث ـ وهو نوع مخـتلط بين الاثنين السابقين وهو أكثر الأنواع تعقيدا .

تبرز أهميـة حركة المد فى تأثيرها على كثافـة التيارات المدية tidal currents . وبعد الفارق المدى tidal - range من الخصائص الهـامة لظاهرة المد والجزر، وهو يختلف من سـاحل إلى آخر ويصل فى السواحل المحـيطية المفتـوحة إلى أقل من متـرين يزداد اتساعا على السواحل المتعرجـة التى تكثر بها الخلجان الضيقة estuar-ies حيث يصل أقصاه فى خليج فندى fundy - bay فى الساحل الكندى (١٩,٦ مترا).

ويصل فى مـصب وادى سيـفرن severn ١٦,١ (راجع بالتفـصيل صـبرى محسوب ١٩٩١، ص ٦٨) وسواحل هذه الخلجان من النمط نصف اليومى.

وقد يعد الفارق المدى من العوامل المؤثرة فى تطور الكثير من السواحل حيث يلعب دورا كبيرا فى تطور الأرصفة الشاطئية والبلاجات والخلجان الساحلية، إلى جانب ذلك فإنه ـ أى الفارق المدى ـ يعتبر عاملا رئيسيا فى تحديد قوة التيارات المدية.

ويمكن من النقاط التالية تحديد أثر التيارات المدية على جيومورفولوجية السواحل.

(١) يساعد المد والجزر فى تحديد المدى الرأسى الذى يمكن للأمواج الوصول إليه للقيام بالنحت أو الإرساب.

(٢) تلعب التيارات المدية داخل الخلجان الضيقة دورا فى نحت قيعانها وجوانبها من خلال تقدمها وتراجعها المستمر.

(٣) يسبب المد والجزر تعاقب البلل والجفاف على منطقة المد الشاطئية inter tide zone ومن ثم فقد تكيفت الأحياء البحرية العديدة هنا خاصة الحفارة bor-rowing- organisms مع هذه البيئة. والكثير منها عمل على تفتيت الصخور مما يساعد الأمواج على إزالتها، كذلك يؤدى تعاقب البلل والجفاف على حدوث تجوية ميكانيكية فى شكل نمو بلورات للأملاح.

جـ ـ الرياح :

تلعب الرياح دورها كعامل نحت ساحلى فى مناطق عديدة من السواحل يتمثل أهمها فى المناطق التالية :

- سواحل المناطق الجافة وشبه الجافة aird and semiarid coasts.
- سهول الردش الجليدى out wash plains.
- الشواطئ الرملية sandy beaches.

أما على بقية الأنماط الساحلية فإن دور الرياح فى التشكيل عادة ما يكون دورا ثانويا وأقل أهمية.

وتعد الرياح السائدة هى الرياح الأكثر تأثيرا.وخاصة على تلك السواحل المواجهة لهبوب الرياح مثل الساحل الشمالى فى مصر - خاصة على الجوانب من الرءوس الأرضية لها - وساحل غرب بريطانيا وساحل الشام وغيرها.

وتزداد قوة الرياح إذا ما وصلت إلى سرعة تتحرك عندها جزيئات الرمال الساحلية وهى السرعة الحرجة اللازمة لتحريك الذرات التى تقفز فى البداية فى قفزات قصيرة متقطعة (طريقة القفز)، أو قد تتحرك بالزحف السطحى أو قد تنتقل بالتعلق - كما اتضح ذلك فى دراسة الجزء الخاص بالعمليات الهوائية - وبعد ذلك تتراكم أمام أى عائق وتتشكل فى أشكال رملية شاطئية مثل النباك والكثبان الطويلة الممتدة فى موازاة خط الشاطئ والكثبان المجدوعة وغيرها (للاستزادة، راجع صبرى محسوب، ١٩٩١).

الأقسام الجيومورفولوجية بالمنطقة الساحلية

توجد مصطلحات عديدة تستخدم فى تصنيف أشكال الأرض والعمليات الساحلية مثل الشاطئ الخلفى back-shore والشاطئ الأمامى fore line والشاطئ البعيد off shore وخط الشاطئ short line وخط الساحل coast line وغيرها، وكلها تستخدم فى وصف مورفولوجية الشاطئ.

بالنسبة للشاطئ القريب near shore فإنها تستخدم لتصنيف العمليات الجيومورفولوجية الساحلية كما فى شكل رقم (٢٥) الذى يتضح فيه أيضا التغيرات الهامة التى تؤثر على قطاعات الشاطئ فى منطقة الشاطئ القريب خلال فصلى الشتاء والصيف.

أما بالنسبة لمنطقة الشاطئ البعيد فليس لها حد تجاه البحر وإن كان البعض يرى أنه ينطبق مع حدود الرفرف القارى contenintal shelf تجاه البحر، أى كل منطقة باتجاه اليابس بعد ذلك فإنها تبدو ضيقة للغاية بالمقارنة باتساع الرفرف القارى والذى تظهر كل عناصره بالشكل رقم (٢٥).

الأشكال الأرضية فى المنطقة الساحلية

(١) الخوانق Submarine canyons :

تعد من أهم الملامح المورفولوجية المغمورة بمنطقة الشاطئ وهى عادة ما تقع بعيدا فى منطقة الشاطئ البعيد أمام مصب نظام نهرى مثل مصب نهر هدسن شرق الولايات المتحدة، والذى يبدو أن الخانق الممتد أمامه كان يمثل فى الماضى جزءاً من نظام هذا النهر، أو بمعنى آخر مصبا لهذا النهر قبل حدوث ارتفاع فى منسوب مياه المحيط وحدوث غمر بحرى للساحل.

وتوجد نظرية تفسر نشأة هذه الظاهرة بعيدا عن التفسير السابق، ترى أنها نتاج تيارات مدية مضطربة turbiidity currents تتميز بجريانها المركز والمشبع بالرواسب، وعملت على حفر هذه الخوانق مع تتابع تحركها متعامدة على خط الشاطئ.

(٢) الشواطئ الرملية Beaches :

عبارة عن رواسب رملية تمتد على سواحل منخفضة فيما بين علامة المد المرتفع والحد الأدنى للأمواج المؤثرة، وتعتمد هذه الشواطئ فى شكلها أساسا على أنواع الأمواج القادمة فإذا كانت من الأنواع الطويلة وذات تردد منخفض low fre-quency ففى هذه الحالة فإن تراجع الموجة الأولى قد ينتهى قبل وصول الموجة اللاحقة وينتج عن ذلك بناء للشاطئ وارتفاع فى منسوبه، وهذه الأنواع من الأمواج تعرف بالأمواج البانية constructive waves وهى عادة ما تأتى فى صورة متشعبة منسكبة بهدوء فوق الشاطئ الرملى قليل الانحدار.

أما الأمواج المدمرة القصيرة السريعة ذات التردد المرتفع high frequency فينتج عنها تداخل بين الأمواج المرتدة والمتقدمة مما يعمل على نحت الشاطئ وإزالة رواسبه، وعادة ما تنشط هذه الأمواج المعروفة « بأمواج البحر » خلال فصل الشتاء فى كثير من السواحل التى تتعرض لها، ففى سواحل بريطانيا تعمل الأمواج المدمرة شتاءً على تكوين حافات أو حواجز رملية bars نحو البحر قريبة من خط الشاطئ، وفى فصل الصيف تدفع هذه الرواسب المكونة فى شكل حواجز نحو الشاطئ مرة أخرى عبر منطقة تكسر الأمواج، وذلك بواسطة الأمواج البانية constructive waves التى تسود عادة فى هذا الفصل.

ويلعب المد والجزر دوره فى بناء الشواطئ، ففى أثناء المد عندما يكون الشاطئ جافا يحدث أن تتشرب الأمواج المتكسرة فى مسامات الصخور مما يؤدى بدوره إلى ضعف عملية الارتداد backwash والجنوح بالتالى للإرساب.

وفى حالة الجزر يكون محتوى صخور الشاطئ من مياه مرتفعا، وبالتالى يقل معدل تشرب مياه الأمواج المتكسرة فوق الشاطئ. وهنا يكون التراجع قويا بالمقارنة بحالته فى حالة تكسر الأمواج أثناء المد، ويكون اكتساح الرمال أكثر وضوحا فى هذه الحالة.

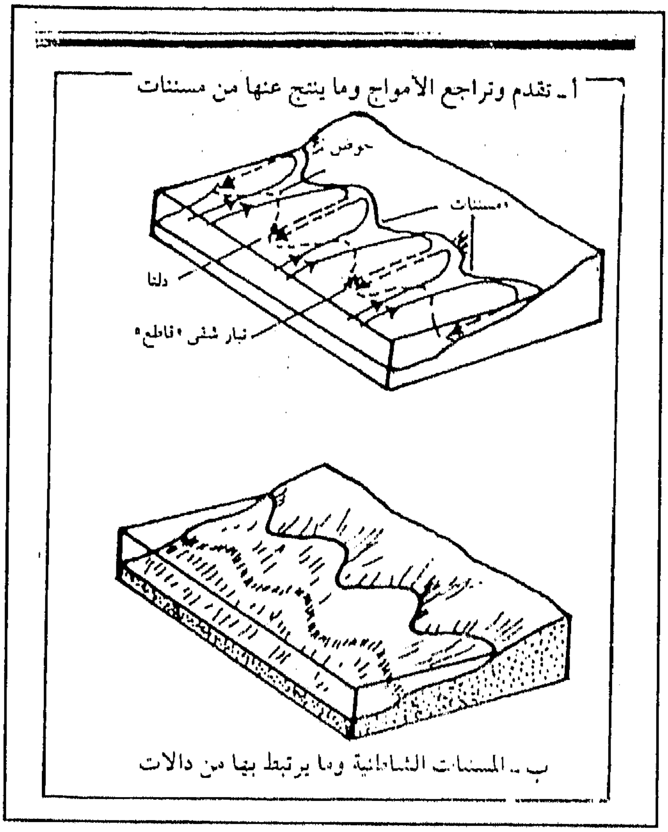
(٣) الألسنة الرملية sand spits

تعد من ظاهرات الإرساب الساحلية تنمو وتطور جيدا على طول خطوط الشواطئ التى تكون فيها عمليات الإزاحة الشاطئية قوية، مع حدوث تغير اتجاه الشاطئ بشكل مفاجئ من البحر تجاه اليابس. ويعد لسان hurst-castle نموذجا جيدا للألسنة المنحنية recurved حيث تكون الإزاحة الشاطئية من الشمال الغربى فى اتجاه اللسان نحو الجنوب الشرقى، ويوجد على سواحل مصر ألسنة بحرية واضحة، منها لسان دمياط إلى الشرق مباشرة من رأس (نتوء) دمياط والذى تكون مع اتجاه تيار الإزاحة الشاطئى نحو الشرق حاملا معه الرواسب الطينية والطينية والرملية التى تمثل الرواسب النيلية جزءا كبيرا منها حاجزا بينه وبين اليابس منطقة ضحلة تنمو بها النباتات الملحية وفى طريقها إلى الجفاف والالتحام بالساحل.

(٤) المسننات الشاطئية Cusps

تتكون فى شكل حافات مستديرة scalloped ridges من رواسب شاطئية من أحجام مختلفة يفصل بينها أحواض دائرية صغيرة تمثل كل منها مجالا لتقدم وتراجع الأمواج مع تركز للارتداد الموجى وسط الحوض بين زوجين من المسننات أخذا ـ الارتداد ـ شكل تيار شقى أو تيار قاطع rip-current، وقد تمتد أمام المسننات حواجز هلالية غاطسة فى منطقة تكسر الأمواج، ومع ظهورها فى مناطق كثيرة من السواحل، إلا أن نشأتها الأولى غير معروفة بدقة كافية (شكل ٢٦ أ، ب .). وهناك أشكال إرسابية أخرى على السواحل مثل حواجز اللاجونات الساحلية وغيرها.

أما عن أهم الظاهرات فى سواحل الجروف والتى نتجت عن عمليات النحت الساحلية فتتمثل فيما يلى :



شكل رقم (٢٥)

(١) الجروف الساحلية Coastal cliffs

تتم عمليات النحت البحرية على طول الشواطئ وتزداد قوة أثناء هبوب العواصف البحرية، وتؤدى من بين ما تؤدى إلى ظهور الجروف والأرصفة الشاطئية (صورة رقم ٦)، وتوجد عمليتان رئيسيتان ترتبطان بتطور الجروف الساحلية تتمثلان فى :

(أ) عملية التقويض السفلى under cutting

وترتبط أساسا بالضغط الهيدروليكى hydraulic action للمياه على قواعد الجروف الساحلية إلى جانب عمليات النحت المائى الذى تقوم به الأمواج مع ما تحمله من مفتتات صخرية تستخدمها كأدوات للنحت والبرى فى صخور الشاطئ.



(صورة رقم ٦)

(ب) **وبالنسبة لعملية الانهيارات الأرضية:** فإنها تزداد خاصة مع قلة الغطاء النباتى، وبالتالى تزداد درجة انحدار الشاطئ نحـو البحر، بينما يضعف دور البحر فى تطورهذه الشواطئ الجرفية.

(٢) أرصفة الشاطئ Shore- platforms

عادة ما تحـد الجروف الساحلية أرصفة تمتـد عبر المنطقة الشاطئية، وتنحدر ببطء شديد نحو البـحر، وقد تطورت هذه الأرصفـة واتسعت مع تراجع الجروف تجاه اليابس، كـما أنها قد تشكلت بفعـل الأمواج وغيرها من العمليـات البحرية، وتمتد من عـلامة المد المرتفع high tide mark عند قاعـدة الجرف السـاحلى حتى منسوب أقل قليلا من علامة الجزر.

وتنقسم الأرصفة الشاطئية وفقا لبيرد Bird إلى ثلاثة أنواع :

(أ) الأرصفة المرتبطة بالاحتجار الموجى w. quarrying والنحت المائى، وهى التى تعرف بالأرصفة المدية tidal platforms أو بأرصفة نحت الأمواج فى الكتابات

القديمة، ويرتبط تطورها بطاقة الأمواج وتوافر المفتتات الصخرية، وعادة ما ترتبط هذه الأرصفة بالسواحل ذات الأمواج القوية المدمرة.

(ب) الأرصفة الناتجة عن التجوية المائية water layer weathering :

وتظهر هذه الأرصفة نتيجة لتعاقب البلل والجفاف على صخور الشاطئ، ولذلك دائما ما توجد عند منسوب أعلى من مستوى التشبع الدائم والذى عادة ما يرتبط بعلامة المد العالي. وتظهر فى بعض السواحل بجزر هاواى وكاليفورنيا السفلى وبعض سواحل البحر الأحمر والبحر المتوسط فى مصر.

(جـ) أرصفة الإذابة والنحت البيولوجى :

يطلق عليها بيرد Bird أرصفة الجزر low tide وتظهر على سواحل ذات صخور جيرية كثيبية مثل سواحل مرسى مطروح بمصر، وسواحل جنوب غرب أستراليا، وترتبط فى تطورها أساسا بعملية الإذابة والنحت بواسطة الأحياء البحرية الحفارة فى بيئة تتميز بأمواج ذات طاقة منخفضة وفارق مدى ضيق، وتدخل فى هذا النوع الأرصفة الشاطئية المرجانية أو ما تعرف باسم الأطر المرجانية fringing reefs وكذلك أرصفة شواطئ الطحالب الجيرية (راجع المؤلف، ١٩٩١، ص ص، ١٣١ ـ ١٣٢).

وترتبط بسواحل الجروف أشكال مورفولوجية ساحلية مميزة نتجت أساسا بفعل عمليات النحت مثل الكهوف البحرية التى تتكون على طول خطوط الضعف مثل الشقوق والمفاصل وغيرها من مناطق الضعف، ويبدأ قطره فى التناقص نحو الداخل، وقد توجد فواصل صخرية من نهاية النفق حتى قمة الجرف مكونة ما يعرف بالمنفس blow hole وهى عبارة عن فتحة علوية، ويعد بئر مسعود قرب شاطئ ميامى بمدينة الإسكندرية نموذجا للكهوف البحرية ذات المنافس الرأسية.

وينتج عن انهيار سقف الكهف تكون شرم بحرى ضيق يتسع قليلا باتجاه البحر. ومن الظاهرات الناتجة عن النحت فى سواحل الجروف الأقواس والمسلات البحرية arches and stacks، والأول ينتج عن تطور كهفين على جانبى رأس أرضية ناتئة فى مياه البحر وعندما ينهار سقف الكهف البحرى بسبب عمليات

النحت المستمرة تظهر نهاية الرأس فى شكل جزيرة صغيرة فوق سطح رصيف بحرى، يطلق عليها اسم مسلة بحرية.

أنواع السواحل :

رغم المحاولات العديدة للقيام بتصنيف السواحل إلا أنه لا يوجد حتى الآن تصنيف كامل للأشكال الساحلية، ربما يرجع ذلك إلى الاعتماد على التصنيف القديم القائم على أساس النشأة genetic classification والتغاضى عن غيره من التصنيفات الوصفية.

وفيما يلى إيجاز للتصنيفات الساحلية الرئيسية :

أولاً : تصنيف جونسون ـ ١٩١٩ :

يعتمد هذا التصنيف على النشأة وتقسم فيه السواحل إلى أربع فئات هى :

(١) شواطئ الغمر Submerged - Coasts :

وهى الشواطئ التى تشكلت بفعل الغمر البحرى الهولوسينى، ومنها سواحل الريا التى تبدو فى شكل خلجان مجاورة لبعضها البعض.

(٢) سواحل الحسر Emergency - Coasts :

نتجت عن حدوث رفع توازنى بعد إذابة الجليد مثلما حدث على سواحل أسكتلندا وأسكندنافيا، وكذلك تظهر على السواحل التى تعرضت لرفع تكتونى مثلما الحال على بعض سواحل نيوزيلند، وقد تظهر على سواحل تعرضت لهبوط مستوى سطح البحر مثل ساحل البحر الأحمر.

وتتميز سواحل الحسر عند جونسون ببساطتها مع امتداد حواجز رملية فى منطقة الشاطئ البعيد وظهور ألسنة وبحيرات طولية lagoons.

(٣) شواطئ محايدة :

ترتبط بأشكال ليس لها علاقة بعمليتى الغمر والانحسار البحرى ولكنها ترتبط بعمليات الترسيب أو بالتكوينات الشاطئية مثل شواطئ الدالات والشواطئ البركانية وشواطئ الصدوع.

(٤) الشواطئ المركبة :

وهى تنتج من تعرض الساحل لأكثر من عملية من العمليات الموجودة بالفئات السابقة.

ثانيا ـ تصنيف شبرد Shepard ـ ١٩٤٨

يعد من التصنيفات الدقيقة التى تعتمد أساسا على النشأة مع تفصيلات تعتمد على الوصف. ويتمثل هذا التصنيف باختصار فيما يلى :

أولاً : السواحل الأولية :

(١) سواحل تشكلت بفعل عمليات نحت هوائى ثم غمرت مع ارتفاع مستوى سطح البحر أثناء الهولوسين، وتتمثل فى سواحل الأنهار الغارقة (الريا) ria ومصبات (الفيوردات) fiord.

(٢) سواحل تشكلت بالإرساب الهوائى (يقصد به الإرساب القارى) منها سواحل الدالات النهرية وسواحل الركامات الجليدية وسواحل الكثبان وسواحل المانجروف.

(٣) سواحل تشكلت بالنشاطات البركانية مثل سواحل طفوح اللافا.

(٤) سواحل تشكلت نتيجة للحركات الأرضية مثل سواحل الصدوع وسواحل الالتواءات.

ثانياً ـ السواحل الثانوية وتنقسم إلى :

(١) سواحل تشكلت بفعل النحت البحرى مثل سواحل الجروف.

(٢) سواحل تشكلت بعمليات الإرساب البحرى، وقد عدل شبرد التصنيف السابق ـ ١٩٦٢ بإضافة بعض الأنماط للفئات السابقة (راجع بالتفصيل للمؤلف، ١٩٩١، ص ص ٢٦٤، ٢٦٥)

ومن التصنيفات الحديثة الأخرى تصنيف كوتون Cotton سنة ١٩٥٢ الذى أوضح فيه أثر التكتونيات فى تشكيل السواحل وينقسم باختصار إلى :

(١) سواحل الأقاليم الثابتة تأثرت كلها بعمليات الغمر البحرى الحديث، وقد قسمها إلى ثلاثة أقسام: سواحل الغمر، وسواحل ذات ملامح مورفولوجية موروثة، وسواحل الفيوردات.

(٢) سواحل الأقاليم غير الثابتة وقد تأثرت بحركات الرفع والهبوط التكتونى.

ومن التصنيفات الأخرى تصنيف فالنتين Valentin سنة ١٩٥٢ والذى حدد فيه سواحل التقدم وسواحل التراجع حيث ذكر فيه أن تقدم السواحل نحو البحر قد يرجع إلى الانحسار أو إلى الانتشار progradation بواسطة عمليات الترسيب، وأرجع التراجع retreating إلى غمر الساحل أو تقهقره بفعل عمليات النحت البحرى (راجع بالتفصيل للمؤلف، ١٩٩١).

السواحل المرجانية (دراسة حالة)

تتعدد الأشكال المرجانية بدرجة كبيرة مما جعل من الصعب حتى الآن وضع نظام عام متفق عليه لتقسيم وتصنيف أشكالها، وأبسط تقسيم هو تقسيم دارون لها إلى أطر مرجانية وحواجز وحلقات كما يتضح فيما يلى :

(١) الأطر المرجانية frniging - reefs: تعد أبسط الأشكال الساحلية المرجانية وأكثرها انتشارا، وهى تنمو إلى أعلى رأسيا وأفقيا تجاه البحر وعادة ما تكون ملاصقة لخط الشاطئ وتبدو كرصيف مرجانى يظهر أثناء الجزر وقد تمتد بصورة مستمرة أو تتقطع أمام مصبات الأنهار بسبب ما تأتى به من مياه عذبة ورواسب تفسد النمو المرجانى، ومن ثم تتكون ثغرات تعد فى الأغلب مواضع هامة لإنشاء المرافئ بسبب عمقها الملائم.

ويختلف اتساع الإطار المرجانى ما بين بضعة أمتار إلى أكثر من ١٠٠٠ متر، وأهم خصائصه انحدار جانبه المواجه للبحر بشدة، أما السطح فيتميز باستوائه النسبى وكثرة الشقوق والفجوات بسبب الإذابة والنحت بفعل الأحياء القارضة.

(٢) حواجز الشعاب المرجانية : تمتد عادة بعيدا عن خط الشاطئ بنحو ٣٠٠ متر يفصلها عنه قناة طولية تتميز بعمقها، ويماثل سطحه سطح الإطار المرجانى من حيث الاستواء وكثرة الشقوق. والحاجز المثالى لا يزيد عرضه على بضع مئات من الأمتار مع ظهور جزء محدود من سطحه أثناء حدوث الجزر. وقد ينمو الحاجز أفقيا بحيث يلتحم بالشاطئ، وذلك عندما تكون القناة المائية ضحلة. وقد تختفى الحواجز المرجانية أثناء المد المرتفع فتسبب خطورة بالغة أثناء الملاحة. مثلما الحال فى منطقة مضايق جوبال وسواحل البحر الأحمر فى مصر.

(٣) الحلقات المرجانية Atolls :

تنتشر مثل هذه الظاهرة فى كل من المحيطين الهادى والهندى وتبدو الحلقة المرجانية بيضاوية الشكل (على هيئة حدوة حصان) أو قريبة من شكل الدائرة تحصر داخلها بحيرة ضحلة، ومن هذه الحلقات جزيرة سوفا دفيا المرجانية إحدى جزر المالديف والتى يبلغ طول حاجزها المرجانى ١٩٠ كم وطول البحيرة الداخلية ٦٠ كم. وقد تكونت مثل هذه الحلقات حول جوانب براكين غاطسة.

الفصل الرابع

الغلاف الغازى

Atmsphere

يعد الغلاف الغازى من المجالات الرئيسية للدراسة الجغرافية الطبيعية ومكونا رئيسيا من مكونات الأغلفة المطوقـة للأراضى، وإذا كنا لا نراه فإننا نشعر بوجوده من خلال الإحسـاس بعناصره المختلفة من رياح تهب، وحرارة تنخفض درجاتها وترتفع، ورطوبة وأمطار وغيرها.

أولاً: مكونات الغلاف الغازى :

يتكون الغلاف الغازى من خليط من الغازات، كـما يتضح ذلك من الجدول التـالى رقم (٤) الذى يشتـمل على الغـازات الرئيسـية بالغـلاف الجوى ونسـبها المختلفة.

مكونات الغلاف الغازى

الغاز		النسبة المئوية
النتروجين	N^2	٧٨,٨٨
الأكسوجين	O^2	٢٠,٩٤٩
أرجون	A	٠,٩٣٠
ثانى أكسيد الكربون	CO^2	٠,٠٣٠
نيون	Ne	٠,٠٠١٨
الهليوم	He	٠,٠٠٠٥
الأوزون	O_3	٠,٠٠٠٠٦

يعد النتروجين أكثر هذه الغـازات وجودا حيث يمثل أكثر من ٧٨,٨ ٪ من كمـية الغازات الموجـودة بالغلاف الغازى، وهو غـاز غير نشط فى درجـة الحرارة العادية.

وتتمثل أهميـته فى كونه مصدر النتروجين اللازم لنمـو النباتات. ويتحد مع غاز الأكسوجـين فى درجات الحرارة المرتفعة أثناء عمليات احـتراق الأنواع المختلفة من الوقود ليتحول إلى أكسيد النتروجين الذى يؤثر تأثيرا سلبيا على الإنسان بسبب تأثيره على التنفس وتسببه فى العديد من الأمراض.

ويأتى الأكسوجين فى المرتبة التالية بعد النتروجين كثانى عنصر مكون للغلاف الغازى بنسبة ٢١ ٪ تقريبا من مكوناته الغارية، ويعد نتاج عملية التمثيل الضوئى photosynthesis على مستوى سطح الأرض، وهو ضرورى لكل عمليات التنفس والاحتراق ـ ويتحد مع العناصر الأخرى تحت ظروف عادية ـ يليه الأرجون ثم النيون والهليوم، والعناصر الأخيرة ليس لها تأثير يذكر على ظروف الطقس والمناخ.

بجانب ما سبق هناك ثلاثة غازات تمثل مع بعضها نسبة صغيرة جدا من مكونات الغلاف الغازى، هى: بخار الماء water - vapour (H_2O) ، وثانى أكسيد الكربون carbon - dioxide، والأوزون O_3.

ورغم نسبها القليلة جدا إلا أن لكل منها أهميته فى التأثير على عمليات الغلاف الغازى إلى جانب كونها من أكثر الغازات تأثيرا بالإنسان ونشاطاته المختلفة، فبخار الماء قد تصل نسبته فى الهواء فى منطقة ما إلى نحو ٤ ٪ من جملة مكوناته الغازية، بينما نسبته على مستوى العالم نحو ٢, ٠ ٪ فقط، ويظهر الماء فى الغلاف فى حالة صلبة أو سائلة أو غازية، وفى كل حالة من حالات تحوله تخرج الحرارة الكامنة latent heat إلى الجو، وهذه التغيرات فى الواقع لها أهمية كبيرة فى العمليات الجوية.

ويعمل بخار الماء على تشتت وامتصاص وانعكاس الأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة short - waves، ويمتص الإشعاع الأرضى الذى يتميز بموجاته الطويلة، ومن ثم فبخار الماء يلعب دورا هاما فى الميزانية الحرارية للأرض.

أما ثانى أكسيد الكربون فهو نتاج عملية التنفس respiration وعمليات الاحتراق، ويستخدم فى النبات فى عملية التمثيل الضوئى.

وتبرز أهميته فى امتصاصه للطاقة الإشعاعية radiant - energy من الأرض، أما الأوزون O_3 فتبرز أهميته فى قدرته على امتصاص الأشعة الشمسية فى الطبقات العليا للغلاف الغازى حيث يمتص الأشعة فوق البنفسجية ultra - vi- olet ذات الموجات الأقل من ٣, ٠ ميكرومتر، وهذه الأشعة ضارة جدا بالنسبة للإنسان والنبات، بالتالى فإن الأوزون يحمى كل نظم الحياة على سطح الأرض،

ولذلك فإنه من الأمور الهامة ألا تقل نسبة تركيز الأوزون فى الجو؛ لما يسببه ذلك من ارتفاع فى درجة الحرارة بالطبقات الدنيا من الغلاف الجوى حيث تتغلغل الأشعة الشمسية بمعدل أكبر، والعكس فى حالة زيادة نسبة الأوزون يحدث انخفاض فى درجات الحرارة.

ومن العناصر الجوية الأخرى، الغبار dust الذى يعد أحد مكونات الغلاف الغازى، وهو نتاج عمليات طبيعية مثل الانفجارات البركانية، ونتاج عمليات بشرية أيضا مثل: الصناعة، وعمليات التحجير وغيرها، إلى جانب ما يأتى من عمليات تعرية التربة،ويمكن للغبار أن يصل فى طبقات الجو إلى ارتفاعات تتراوح ما بين ١٠ إلى ٥٠ كيلو متر، وإن كان الجزء الأكبر يتركز فى الطبقة السفلى من الغلاف الغازى، ويعد الغبار من ملوثات الغلاف الغازى إلى جانب ما يقوم به من تشتيت للإشعاع الشمسى، ويعد كذلك بمثابة النويات التى يتم عليها التكثيف condensation nuclei.

ثانيا: تركيب الغلاف الغازى :

ينقسم الغلاف الغازى المحيط بالأرض إلى أربعة أقسام أو أربع طبقات تتمثل فيما يلى:

(١) **يبدأ من أسفل بطبقة التروبوسفير** troposphere بسمك يبلغ ٨ كيلو متر فوق المنطقة القطبية و ١٦ كيلو متر فوق خط الاستواء، وترجع زيادة سمكها عند خط الاستواء بسبب قوة عمليات التصعيد الهوائى؛ حيث تصل التيارات الرأسية لارتفاعات كبيرة. ويتركز به نحو ٧٥ ٪ من وزن الهواء بالغلاف الجوى.

وتتميز طبقة التروبوسفير باضطرابها، وقد انعكس ذلك فى زيادة درجة الاختلاط الهوائى بها، ويرجع اضطرابها أساسا إلى كسبها للحرارة من الأرض وليس الشمس - كما سيتضح ذلك فيما بعد - ومن ثم يصبح الهواء الأدفأ قرب الأرض والأبرد عند مناسيب أعلى. وأحيانا ما يحدث عكس ذلك حيث تزداد درجات الحرارة بالارتفاع، ويطلق على هذه الحالة مصطلح الانقلاب الحرارى temperature inversion ويحدث ذلك عندما يصعد هواء دافئ فوق هواء بارد، وهذا غالبا ما يتم ليلا قرب سطح الأرض بعد أن يكون قد أشع حرارته وبرد،

وعادة ما يحدث الانقلاب الحرارى بمعدل أسرع فى حالة اختفاء السحب، يرتبط به حدوث استقرار جوى فى طبقة الهواء البارد عند سطح الأرض، وقد يختفى الانقلاب الحرارى عندما يتم تسخين سطح الأرض فى اليوم التالى، وإن كان يستمر فى بعض الحالات لأيام عديدة.

(٢) طبقة الستراتوسفير Stratosphere[١]

تقع أعلى طبقة التروبوسفير، ويتميز الجزء السفلى منها لسمك ١٥ كم بالاستقرار والثبات النسبى، ولكن بالارتفاع يزداد تركز غاز الأوزون، تزداد بها الحرارة مع الارتفاع وذلك؛ لأن الأوزون يمتص الطاقة الشمسية، وأهم ما يميزه عن التروبوسفير أنه يستمد حرارته من الشمس مباشرة أى من أعلى إلى أسفل، ولذلك فإن الهواء الدافئ يقع أعلى الهواء البارد مما يؤدى إلى نوع من الثبات، ولا توجد هنا حركة رأسية للهواء، ويوجد بها قليل من السحب ولايزيد فيها تركيز بخار الماء عن ٣ أجزاء من المليون، وبسبب ما يميزها من استقرار فإنها تكون خالية تقريبا من التلوث باستثناء ما يأتى إليها بسبب وسائل النقل الجوى الأسرع من الصوت super sonic حيث يقدر بأن ما تنفثه هذه السوائل فى الساعة الواحدة نحو ٨٣ طنا من بخار الماء و ٢٠٧ طن من ثانى أكسيد الكربون وثلاثة أطنان من غاز أول أكسيد الكربون ومثلها من غاز أول أكسيد النتروجين no، ويعتقد أن بخار الماء المنبعث فى هذه الطبقة قد يؤدى إلى زيادة السحب وزيادة معدلات انعكاس الإشعاع الشمسى (Wilcock, D, 1983, P 98).

(٣) طبقة الميزوسفير Mesosphere

تقع هذه الطبقة على ارتفاع يتراوح ما بين ٥٠ ـ ٨٠ كم من سطح الأرض أعلى طبقة الستراتوسفير، وتنخفض فيها درجة الحرارة مع الارتفاع؛ حيث يقل تركيز الأوزون وينعدم بها بخار الماء تماما.

(٤) طبقة الثرموسفير Thermosphere

تعرف بطبقة الغلاف الحرارى، وتبدأ هذه الطبقة من ارتفاع حوالى ٨٠ كم

---

(١) يطلق عليها احيانا الغلاف الزمهريرى او الطبقى يبلغ سمكها اكثر من ٣٦ كيلو متر.

من سطح الأرض وحتى ارتفاعات أبعد من ذلك بكثير (العقيلى، ١٩٩٠، ص ١٩).

وتزداد الحرارة هنا مع الارتفاع حيث تسخن من الشمس مباشرة، مثلما هو الحال مع طبقتى الستراتوسفير والميزوسفير، تصل درجة الحرارة عند حدها الخارجى (العلوى) إلى ١٥٠٠°م، ومثل هذه الدرجة المرتفعة لا يتم الشعور بها بالمقارنة بالغلاف القريب من سطح الأرض، وهذا الأمر قد يبدو غريبا، ولكن يجب أن نعلم أن درجة الحرارة قياس للطاقة الحركية لجزيئات المادة، أما الحرارة heat نفسها فإنها تقيس الطاقة الحرارية ككل، فأى جسمين صغير وكبير يمكن أن يكون لهما نفس درجة الحرارة، ولكن الأكبر حجما حرارته أكبر من الجسم الصغير، والواقع إن قلة عدد الذرات الموجودة فى الثرموسفير تفسر انخفاض مستوى الطاقة الحرارية وليس الطاقة الحركية للجزيئات نفسها والتى تكون مرتفعة جدا، وتخلو هذه الطبقة من الأوزون وبخار الماء وتكثر ذرات الهليوم والأكسوجين والنتروجين فى الجزء السفلى منها وحتى ارتفاع ١١٥ كيلو متر من سطح الأرض.

ثالثا: ميزان الطاقة الأرضية

تأتى الطاقة الشمسية نحو الغلاف الغازى فى شكل إشعاع كهرومغناطيسى electromagnitic radiation. ولكون حرارة الشمس مرتفعة جدا (٥٧٣٠°م) فإن الأشعة الشمسية تكون قصيرة الموجة وفوق بنفسجية والعكس نجده فى الأرض (متوسط حرارتها ١٢°م فقط) وتعكس أشعة طويلة الموجة long wave rays.

ولكى نفهم ما يطرأ على هذه الأشعة الشمسية القصيرة عند دخولها الغلاف الغازى للأرض، نفترض أن مائة وحدة من الطاقة الشمسية وصلت الحد الخارجى للغلاف الغازى، لجد أن ٦ ٪ منها تتشتت وترتد فى الفضاء بواسطة الغبار و ٢١ ٪ ترتد بواسطة السحب و ٦ ٪ ترتد بواسطة سطح الأرض، وارتداد الأشعة من أى سطح (الألبيدو albedo) عبارة عن نسبة الأشعة المرتدة إلى جملة الأشعة التى يستقبلها السطح، وعلى ذلك فإن الألبيدو الأرضى يمثل ٣٣ ٪.

وجدير بالذكر أن الأجسام فاتحة اللون مثل الثلج snow والجليد ice والسحب وغيرها، تعكس نسبة أكبر من الأشعة بالمقارنة بالأجسام الداكنة مثل التربة والنبات، ويقدر بأن الجليد يعكس ٦ ٪ من جملة الألبيدو الأرضى.

والأشعة ذات الموجات الأطول من الميكرون الواحد تمتص فى الطبقات السفلى من الغلاف الغازى، ومعنى ذلك أن ٢٠ وحدة من الإشعاع الشمسى تمتص منها ١٦ وحدة بواسطة الغبار وأربع وحدات يمتصها بخار الماء، أما النسبة الباقية وقدرها ٤٧ وحدة أو ٤٧ ٪ من الإشعاع الشمسى فتأتى إلى سطح الأرض بموجات تتراوح أطوالها ما بين ٤ ,ـ ٧, ٠ ميكرومتر يعاد منها ٢٠ ٪ فى شكل أشعة طويلة الموجة تتبعه نسبة قدرها ٢٧ ٪ تنعكس ثانية فى شكل طاقة حرارية.

وجدير بالذكر أنه لولا وجود بخار الماء مع ثانى أكسيد الكربون فى الطبقة السفلى من الغلاف الغازى، فإن الأشعة الحرارية طويلة الموجة كان فى إمكانها التبدد سريعا فى طبقات الجو العليا فى الفضاء، ولكانت حرارة الأرض تنخفض إلى – ٤٥°م بدلا من حرارتها الحالية (١٢°) حيث تستقبل الأرض إشعاعا عكسيا من بخار الماء وثانى أكسيد الكربون لتعيده بالارتداد نحو الغلاف الغازى ثم تستقبله ثانية أكثر من مرة وهكذا.

وتسمى عملية تصيد (امتصاص) الموجات الإشعاعية الطويلة فى الجزء الأسفل من الغلاف الغازى « بتأثير الصوبات الزجاجية ـ Green House Effect »، وترجع هذه التسمية إلى أن بخار الماء H_2O وثانى أكسيد الكربون يشبهان الزجاج فى امتصاصه للأشعة القصيرة، ولكن يمنع هروب أو تسرب الأشعة الطويلة.

رابعا: انتقال الحرارة من خط الاستواء إلى القطبين:

إلى جانب الانتقال الرأسى للحرارة، هناك انتقال أفقى من العروض الدنيا إلى العروض العليا يمكن أن يتضح من السطور التالية:

يحدث إلى الشمال من خط عرض ٤٠° شمالا وإلى الجنوب من خط عرض ٣٠ ° جنوبا نقص فى درجة الحرارة، بينما نجد فى العروض المدارية يرتبط بزاوية سقوط الشمس (التى عادة ما تكون قائمة) ثم تزداد ميلا بالاتجاه نحو العروض الأعلى وبالتالى تنقص درجة تركيز الأشعة الشمسية، إلى جانب ذلك فإن الأشعة الشمسية تمر خلال سمك أكبر من الغلاف الغازى فى العروض العليا بالمقارنة بالعروض المدارية مما يجعلها تتأثر بشكل أكبر بعمليات التشتت والارتداد الإشعاعى، وبالتالى يحدث تبادل أفقى لكل من الحرارة الكامنة والحرارة المحسوسة من العروض المدارية الدنيا إلى العروض العليا.

يبدأ انتقـال الطاقة الحرارية تجاه القطبـين بالتسخين بالعـروض المدارية حيث يصعد الهواء فى هذه العروض حاملا معه كميات كبيرة من الطاقة الحرارية الكامنـة فى شكل بخار مـاء (يتبخـر من سطح القارات والمحـيطات فى هذه العروض)، وينتج عن عمليات التـصعيد فى العروض المدارية حدوث ضـغط مرتفع فى الجزء العلوى من الغلاف الغازى وتحـرك تيارات هوائية نحو الشمـال ونحو الجنوب تجاه العروض العليا. وعندما تغزو هذه التيارات الهوائية العروض الوسطى ـ فى طريقها نحو القطبين ـ الأقل فى درجة حرارتهـا يتكثف بخار الماء وتخرج الحرارة الكامنة، ونتيجة لذلك يسود الدفء فى العروض الوسطى والعليا.

خامسا: اليابس والماء والطاقة الإشعاعية:

يتم تسخين اليابس بسرعـة أكبر من الماء، وذلك لأن الأول ذو حرارة نوعية منخفضـة، بجانب ما يحدث فى المياه من اختـلاط رأسى وأفقى فى المحيطات مما يؤدى إلى توزيع الحرارة على مجال أكبر.

كذلك تـبرد الأسطح اليابـسة بسرعـة وذلك؛ لأن كل الحرارة التى يتلـقاها اليابس تـختزن قـرب السطح، وعلى العكس من ذلك فـإن الماء بحرارته النوعـية المرتفعة يتم تسـخينه ببطء (نلاحظ ذلك عندما نعرف أن وعاء الماء يسـخن بسرعة أكبر من الماء الذى بداخله عند وضعـه على النار)، ومن أسباب ذلك أن الأمواج والتيارات تعمل على خلط الماء السطحى بالمياه فى الأعماق، ينتج عن ذلك توزيع الحرارة القادمة إلى مـوضع ما على حجم أكبر من الميـاه، وكلما زاد الاختلاط زاد بطء عملية التسـخين، وهناك عامل آخر يؤدى إلى بطء عملية تسخين مـياه البحار يتمثل فى التبخر الذى يصاحبه بالطبع تبريد إلى جانب انعكاس أو ارتداد جزء كبير من الحرارة القادمة إلـى سطح المحيطات بالمقارنة باليابس، والصورة النهائـية تتمثل فى تسـخـين اليابس بـسرعـة وتبـريدها بسـرعة على الـعكس من الماء فى نفس العروض.

سادسا : الإنسان وأثره على الميزان الحرارى :

يمكن بوضوح ملاحظة أثر الإنسان فى ذلك فى المدن الكبرى والتى غالبا ما تكون أدفأ من المناطق الفضـاء المجاورة لها. وهذا ما يعرف بجـزيرة الحرارة المدنية Urban heat island، وهذه الظاهرة تنتج أسـاسا من انتـشار المبـانى على مساحة

ضخمة، والتى بدورها تمتص كميات كبيرة من الأشعة بالمقارنة بالمناطق الريفية أو المناطق الخالية من المبانى، كما أن الطوب الآجر bricks له القدرة على اكتساب الحرارة بالمقارنة بالتربة.

وهناك عامل آخر يرتبط بالمدينة يتمثل فى احتراق الوقود من أجل الصناعة والتدفئة والنقل وغيرها، مما يجعله يمثل مصدرا للطاقة الحرارية تمتص مبانى المدينة جزءا كبيرا منه. وكل ذلك يؤثر فى ارتفاع درجة الحرارة بالمدن.

ومن مظاهر تدخل الإنسان كذلك ما يقوم به من تعديل السطح الأرضى من خلال إزالته للغابات deforestation مما يؤدى إلى زيادة معدلات الألبيدو الأرضى، فمن المعروف أن الحشائش التى تحل محل الغابات عادة ما تعكس أشعة شمسية بدرجة أكبر من الغابات، ويزداد الأمر حدة إذا ما كانت التربة خالية تماما من النباتات، حيث يعد الأخير سببا رئيسيا من أسباب انخفاض الحرارة ليلا فى المناطق الخالية من النباتات فى المناطق الصحراوية وخاصة فى العروض المدارية.

ويؤثر الإنسان على نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو، من خلال ما يخرج من زفير أثناء عملية التنفس، ومن خلال ما يخرج من عمليات احتراق الفحم والبترول وغيرها.

وقد زاد معدل تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الجو بشكل أكبر منذ ١٨٥٠ حتى الآن حيث بداية الثورة الصناعية فى أوروبا، كما تزداد نسبته بشكل كبير فى مناطق استخراج البترول، وقد ظهر ذلك بوضوح فى دولة الكويت التى شهدت حرائق لأكثر من ٨٠٠ بئر بترول مما أدى إلى زيادة حادة فى ثانى أكسيد الكربون والغازات الضارة الأخرى فى الجو مما تسبب فى العديد من الأضرار البيئية؛ نتيجة لسقوط أمطار حمضية أضرت كثيرا بالتربة والنباتات وأدت إلى زيادة معدلات تجوية المنشآت والمبانى المختلفة.

سابعا: الرطوبة فى الجو Humidity

يستمد الهواء رطوبته من خلال التبخر evaporation، والنتح transpiration بينما يفقدها من خلال التساقط.

(١) التبخر: يحدث بسبب ارتفاع درجة الحرارة حيث ينتج عن ارتفاع درجة حرارة الماء تطاير جزيئات بخار الماء water vapour فى الهواء. .وأهم ما يرتبط بالتبخر أن جزيئاته المتطايرة تأخذ معها بعض الطاقة الحرارية التى امتصها من الجو، ولأن هذه الحرارة خاصية تميز جزيئات الماء فقط ولا ترتبط بكتلة الماء التى حدث بها التبخر فإنها تظل مختبئة بها فى شكل حرارة كامنة، وعندما يصل التبخر إلى مناسيب مرتفعة فى الغلاف الجوى يبرد ويتكثف ثانية فى شكل قطرات مائية، ومن ثم تخرج الحرارة الكامنة إلى الجو مما يؤدى إلى تدفئته. وعلى ذلك فإن التبخر يكون بمثابة عملية تتحول فيها الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية مختزنة، وإن كان جزء من الطاقة الشمسية المستخدمة فى عملية التبخر يتحول إلى طاقة كامنة -poten tial energy، وحيث إن قطرات الماء فى السحب بها طاقة كامنة تتناسب مع حجمها وارتفاعها، فإنها عندما تسقط على الأرض تتحول الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية للمطر تزيد من فعاليته فى نحت التربة ونقلها على السفوح المواجهة له، والتبخر قد يتم عند أية درجة حرارة بين نقطتى التجمد والغليان freezing and poiling point. وبخار الماء من الغازات الخفيفة فى كثافتها النوعية وغير مرئى ويعد أساس التساقط بأنواعه المختلفة.

(٢) النتح Transpiration: يشبه التبخر ولكنه أكثر منه تعقيدا، ففى عملية النتح تمتص جذور النبات ماء التربة ليتحرك إلى أعلى خلال ممرات ميكروسكوبية فى خلايا النبات، وأخيرا ينشر فى الجو من خلال خروجه من مسامات صغيرة فى الأوراق تسمى stomata يبلغ عددها ٥٠,٠٠٠ فى السنتيمتر المربع من الورقة، وهذه المسامات تنفتح فى النهار فقط لتحصل على ثانى أكسيد الكربون لإتمام عملية التمثيل الضوئى، وعند انفتاحها يخرج منها الماء الداخل فى مكونات النبات ويتبخر فى الجو ويتحرك ماء التربة ليحل محله.

وهكذا باختصار فإن حركة الماء فى التربة خلال النبات ثم إلى الجو يطلق عليه مصطلح جريان النتح أو تيار النتح transpiration strean، وهذا الانتقال الرأسى للمياه يحمل معه المخصبات الغذائية من التربة ويوزعها فى النبات لكى يستمر فى نموه، أما فى الليل تنغلق هذه المسامات حيث لا يوجد تمثيل ضوئى بطبيعة الحال. ومعنى ذلك أن النتح لا يتم إلا نهارا عكس التبخر الذى يتم طوال ساعات النهار والليل.

(٣) التبخر - نتح evapotranspiration

لا يتم التبخر من أسطح المحيطات أو الكتل المائية فقط،ولكنه يتم بشكل مباشر من سطح التربة، ونظرا لعدم إمكانية قياس التبخر والنتح منفصلين فى المناطق المزروعة؛ لذا يطلق على قياس العمليتين مجتمعتين قياس التبخر - نتح.

من المعروف أنه عند درجة حرارة معينة يكون هناك حد أقصى لكمية بخار الماء التى يمكن أن يستوعبها الهواء، وعندما يصلها يطلق عليه هواء متشبع saturated air، وفى حالة التشبع يمكن لجزيئات الماء الدخول فى الغلاف الجوى ولكنها تصطدم مع الجزيئات الموجودة بالفعل،ومن ثم تفقد طاقتها وتسقط ثانية على السطح الذى قدمت منه عن طريق التبخر أو النتح. وعندما تتساوى الجزيئات المائية الداخله فى الهواء مع الجزيئات الساقطة على الأسطح سابقة الذكر، فإن الهواء يكون مشبعا ببخار الماء ولا يكون هناك اى فاقد من المياه الأرضية، أو بمعنى آخر لا يكون هناك تبخر ـ نتح، وتظهر حالة تعرف بالتوازن الديناميكى dynamic equilibrium، وعندما تأتى رياح خفيفة جافة تهب على سطح التبخر ـ نتح فإنها تعمل على توزيع بخار الماء على سمك أكبر من الهواء. وهناك قياسان رئيسيان لمحتوى بخار الماء فى الجو، وكذلك ضغط بخار الماء v. pressure.

ـ الرطوبة المطلقة Absolute humidity وتقيس كثافة بخار الماء فى الجو (وعادة ما يعبر عنها بالجرام فى المتر المكعب).

ـ الرطوبة النسبية relative humidity يعنى بها كمية بخار الماء الفعلية فى الهواء بالنسبة للكمية التى يمكن للهواء أن يستوعبها عند نفس درجة الحرارة، فعلى سبيل المثال رطوبة الهواء النسبية فى منطقة ما تساوى ٧٥ ٪ معنى ذلك أن الهواء به ٧٥ ٪ مما يمكن أن يستوعبه من بخار ماء عند نفس درجة الحرارة. وبسبب أن التبخر ـ نتح مصدر رطوبة الغلاف الجوى، فإن محتوى الهواء من بخار الماء يقل بالارتفاع حيث يقدر بأنه على ارتفاع ٧٥ مترا، فإن الرطوبة المطلقة تساوى ٨٥ ٪ من قيمتها عند منسوب سطح الأرض.

ومع ذلك فإن القليل من المطر يحدث على نفس مسطح التبخر نتح (المصدر الأصلى لمياه التساقط)، ويرجع ذلك إلى أن بخار الماء يتحرك تحركا أفقيا على سطح الأرض بفعل الرياح السطحية يشبه فى ذلك انتقال الحرارة. وحتى فى المناطق الحارة الرطبة والتى تتعرض لتصعيد الهواء وسقوط الأمطار نجد أن

الانتقال الأفقى لبخار الماء والحرارة advection نشط وذو أهمية كبيرة. فعلى سبيل المثال نجد أن حوض نهر المسيسيبى يستقبل ١٠ ٪ فقط من جملة أمطاره السنوية من التبخر ـ نتح والتصعيد المحلى، وطبقا لكل من Barry وتشورلى Chorley فإن النسبة الباقية تأتى عن طريق الانتقال الأفقى لبخار الماء. وتقدر كمية المياه الناتجة عن التبخر والنتح فى العالم بنحو ٣٣٦ ألف كيلو متر مكعب، منها ٨٤ ٪ من مياه البحار والمحيطات والنسبة الباقية من التبخر والنتح من المسطحات المائية والنباتية على سطح الأرض (Leopold and Davis).

وبصفة عامة يقل التبخر فى المناطق الاستوائية بينما يزداد على المسطحات المحيطية فى العروض شبه المدارية subtropical latitudes حيث السماء صافية مما يسمح لأشعة الشمس بالوصول إلى سطح المحيط دون إعاقة، فالبحر الأحمر يفقد سنويا ٣,٥ متر خلال التبخر مما يؤدى إلى ارتفاع نسبة الملوحة salinity فيه (٤٠ , ٪ تقريبا). وقد يصل التبخر ـ نتح إلى درجة الصفر على سطح الأرض مثلما هو الحال فى الصحارى المدارية الحارة؛ وذلك لعدم وجود مياه لكى تتبخر، بينما تصل معدلات التبخر فى الأقاليم الرطبة إلى أكثر من ١٠٠ ملليمتر.

(٤) التكاثف Condensation

يحدث التكاثف عند هبوط درجات الحرارة فى المناطق ذات الهواء المشبع ببخار الماء، وتعرَّف نقطة الندى dew piont نظريا بأنها درجة الحرارة التى يحدث عندها التكاثف. ولكى يتكثف بخار الماء فإنه يكون بحاجة إلى أسطح للتكاثف، والذى يظهر فى الصباح الباكر ـ عقب ليلة صافية ـ على الحشائش والأعشاب فى شكل قطرات الندى، وفى حالة انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون الصفر يتكون الصقيع frost. ويحدث التبريد للهواء حسب قدرته على الارتفاع وكذلك قدرته على غزو المناطق ذات الضغط المنخفض، وفى هذا النوع من التبريد الادياباتى adi-abatic colling، تزداد الرطوبة النسبية.ويحدث التشبع، ولكى يحدث التكاثف فى هذه الحالة فمن الضرورى وجود نويات وهى عبارة عن جزيئات صغيرة معلقة فى الهواء من رماد بركانى، وغبار قادم من الأراضى الجافة ودخان المصانع، وحرائق الغابات، وذرات ثانى أكسيد الكربون، وغيرها، كلها تمثل نويات للتكاثف، ونظرا

للكثافة المنخفضة لهذه النويات فإنها تسقط على الأرض ببطء حيث تبقى معلقة لفترات طويلة وذلك؛ لأن سرعات تيارات الهواء الصاعدة تفوق سرعات تساقطها، ويرى كل من بارى Barry وتشورلى Chorley أن هناك مليون نوية فى كل لتر من الهواء فوق المحيطات ونحو ٥ ملايين فى كل لتر من الهواء فوق القارات. وفى الواقع أن التكاثف يحدث عند أو قرب مستوى التشبع حتى بدون نويات للتكاثف ولكن فى هذه الحالة ينقصها التماسك، عكس الحال إذا ما كانت هناك نويات، حيث إن قطيرات الماء ليست هى قطرات المطر rain - drops والأخيرة تمثل تجمعا من قطيرات الماء. ويقدر بأن قطر نوية التكاثف تبلغ ٢ ميكرون، وقطر قطيرة الماء عادة ما يكون أقل من ٤٠ ميكرون، بينما قد يصل قطر قطرة المطر ٢٠٠٠ ميكرون ويحتوى على مئات النويات.

(أ) التبريد الأدياباتى adiabatic - colling

يطلق على معدل انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع مصطلح environmental lapse rate ويعنى معدل هبوط الحرارة البيئى مع الارتفاع وهو عادة ٦°م لكل ١٠٠٠ متر، وإن كان يختلف من منطقة إلى أخرى. ولكى نتفهم ماذا يحدث، نتصور كتلة هوائية صاعدة فإن ما يحدث بها عبارة عن تمدد للكتلة واندفاع جزيئات الهواء بها نحو المجال الهوائى المحيط بها، ونتيجة لهذا التمدد تضطر الجزيئات الهوائية للتحرك لمسافات أبعد؛ مما يؤدى إلى نقص فى طاقتها الحركية، ومن ثم تهبط درجة حرارتها بسبب هذا التحرك والانتشار، وهذه العملية يطلق عليها التبريد الأدياباتى أو ذاتى الحركة.

(ب) تكون السحب: تتكون السحب من ملايين من قطيرات الماء المعلقة فى الهواء. ويوجد نوعان رئيسيان من السحب: الأولى المتصاعدة convective أو المتعلقة بالحمل الحرارى، والنوع الثانى الطبقى stratus. والهواء فى النوع الأول له القدرة على الصعود الرأسى بمعدل سريع وكبير، أما الثانى فينتج عن حركة رفع هادئة مثلما يحدث فى حالة صعود جبهة دافئة إلى أعلى. وقبل تكون النوع الأول من السحب يحدث انفصال للكتلة الهوائية عما يحيط بها من مجال هوائى نتيجة تسخين سطح محلى أو نتيجة وجود مظاهر طوبوغرافية كالجبال، ويبدأ تكون

السحب عندما يصعد الهواء للسببين السابقين إلى ارتفاعات كبيرة فى نطاق من عدم الاستقرار (شكل ٢٧).

١ ـ سحب مرتفعة أعلى من ٦٠٠٠ متر.

٢ ـ سحب متوسطة ٣٠٠٠ ـ ٦٠٠٠ متر.

٣ ـ سحب منخفضة (أقل من ٣٠٠٠ متر).

(جـ) الضباب Fog :

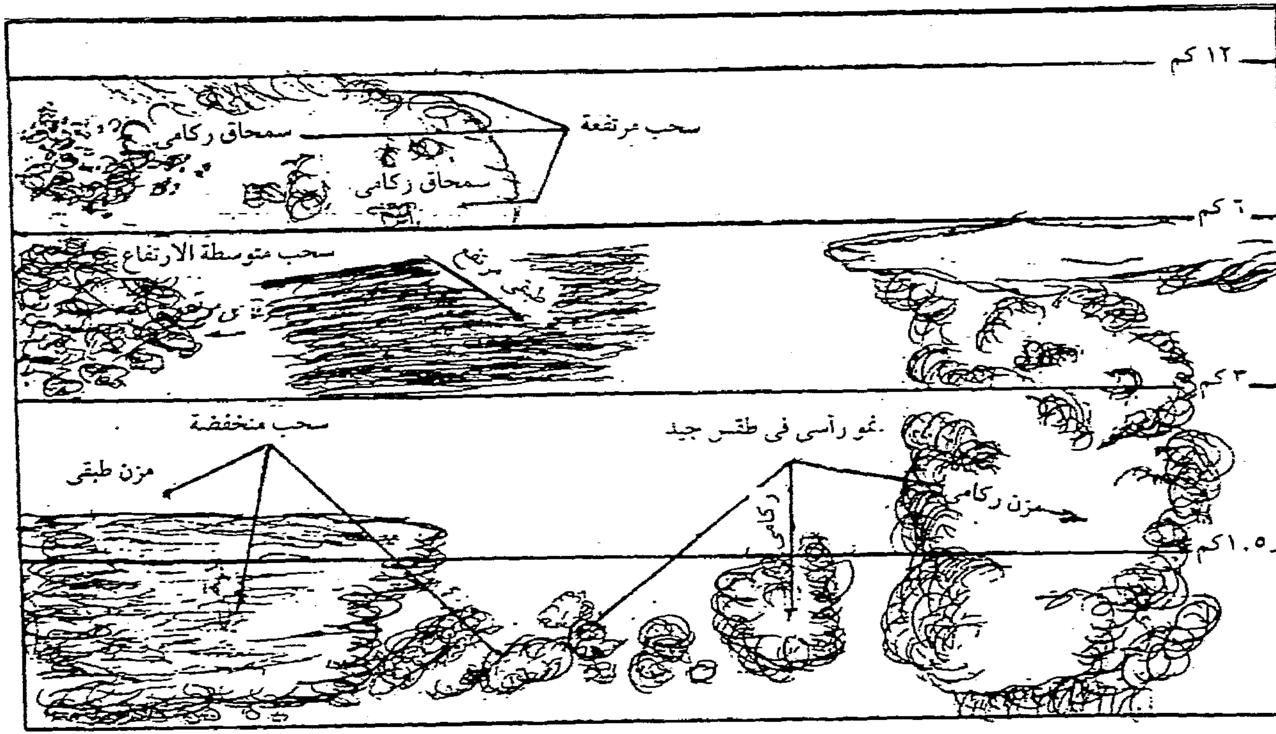
الضباب نوع من السحب المنخفضة القريبة من سطح الأرض. ويمكن تحديد نوعين من الضباب:

١ ـ النوع الناتج عن التبريد.

٢ ـ النوع الناتج عن التبخر.

يتضمن النوع الأول الضباب الإشعاعى، والضباب الناتج عن الانتقال الحرارى advection، وضباب أعالى السفوح up slope fog، والضباب المختلط، والضباب البارومترى. وينتج الضباب الإشعاعى عن تبريد بخار الماء بواسطة الإشعاع الأرضى terrestrial radiation، ولذلك فهو يقتصر على المناطق القارية فقط والتى تتعرض لانخفاض فى درجة حرارتها. والضباب الناتج عن الانتقال الحرارى يحدث عندما يعبر هواء دافئ رطب سطحا باردا، ويظهر ذلك بشكل واضح على طول خطوط السواحل المدارية الجافة وخاصة تلك التى تمر عليها تيارات محيطية باردة مثل: سواحل موريتانيا، وإتكاما، وغرب أستراليا، وناميبيا، وغيرها. ويحدث ضباب أعلى السفوح up slope fog نتيجة عمليات تصعيد تدريجية للهواء نحو أعالى السفوح الجبلية، وقد يتحول هذا النوع من الضباب إلى سحاب طبقى منخفض إذا ما تعرض لاضطرابات هوائية.

ويتكون الضباب المختلط عندما يتقابل هواء بارد مع هواء دافئ رطب، وخاصة فى منطقة الجبهات، وينتج الضباب البارومترى عندما يهبط الضغط الجوى حيث يبرد الهواء تبريدا ذاتيا.



تصنيف السحب على أساس الارتفاع والشكل

وبالنسبة للنوع الثانى من الضباب (الناتج عن التبخر) فيقسمه كريتشفليد Critchfield إلى قسمين، القسم الأول: يعرف بدخان البحر Sea smoke ويحدث عندما تتبخر المياه بعد تعرضها لهواء شديد البرودة، والثانى: يعرف بضباب الجبهات frontal fog حيث يسقط المطر على طول الجبهة خلال هواء دافئ وجاف أسفل السحب ليتبخر ثم يتكثف ثانية فى الهواء البارد. ويتكون فى المدن نوع من الضباب يسمى السخام smog ينتج عن اختلاط الدخان بالضباب، وأسوأ أنواعه ما يسمى photochemical smog، وهذا النوع يحدث فى المدن المكتظة بالسكان والمركبات وغيرها من الوسائل التى تنفث كميات ضخمة جدا من الغازات الضارة، مثل أول أكسيد الكربون وغيره.

(٥) التساقط Precipitation

يأخذ التساقط أشكالا مختلفة مثل المطر والبرد hail والثلج snow، وفيما يلى دراسة مختصرة عن المطر:

(١) **توزيع المطر**: يصعب للغاية تحديد أو تقدير المتوسط السنوى للمطر على سطح الكرة الأرضية ككل، وإن كانت مع ذلك توجد بعض التقديرات الاجتهادية مثل تقدير كرتشفيلد لكمية المطر السنوى للعالم بـ ٨٦ سم، وتقدير بنمان Pen-man له بـ ١٠٠ سم وعادة ما يكون المطر غزيراً فى مناطق التقاء الرياح conver-gence فى العروض المدارية، حيث تتقابل التجاريات، وكذلك يغزر المطر على طول الجبهة القطبية. والمنطقتان السابقتان هما فى الواقع مناطق المطر الرئيسية فى العالم حيث التقاء الرياح السطحية الدائمة، بينما يقل المطر كثيرا عند القطبين وفوق نطاقات الضغط المرتفع دون المدارى حيث يحدث هبوط هوائى وحالة استقرار جوى. وتعد السواحل المواجهة للرياح wind ward coasts من المناطق التى تتلقى أمطارا بشكل أغزر بكثير من المناطق الداخلية فى نفس العروض. ويرجع ذلك إلى أن الرياح تأتى بالهواء المشبع ببخار الماء باتجاه اليابس فإذا كانت هناك تيارات محيطية دافئة warm currents تمر عليها الرياح قبل وصولها إلى الساحل فإن الهواء فى هذه الحالة يزداد تشبعا ببخار الماء وتتسبب عنه أمطار غزيرة عند صعوده إلى الساحل المواجه للرياح مثلما هو الحال على ساحل البرازيل الشرقى وساحل جنوب شرق إفريقيا.

أما عندما يمر تيار بارد أمام الساحل فيكون فى هذه الحالة سببا فى تكون الضباب وقلة المطر حيث تبرد الكتلة الهوائية ويتكثف ما بها من بخار الماء على البحر قبل وصوله إلى اليابس.

بالنسبة للتباينات الحادة فى توزيع الأمطار على العالم، نجد مناطق لا يحدث فيها تساقط بأى نوع لفترات طويلة مثل بعض المناطق الصحراوية المدارية كالربع الخالى أو صحراء أتكاما أو مناطق واسعة من الصحراء الكبرى الإفريقية، بينما فى مناطق أخرى تسقط الأمطار بشكل غزير سواء على مدار السنة مثلما هو الحال فى المناطق الاستوائية بحوض الأمارون أو جزر الهند الشرقية، أو يسقط فصليا مثلما الوضع فى الهند حيث الأمطار الموسمية الغزيرة وخاصة على السفوح الجنوبية لجبال الهيمالايا. ففى الهند تسقط ببلدة تشيرابونجى أمطار غزيرة، وقد سجلت بها أكبر كمية مطر سنوى فى العالم بلغت ٢٦٤٦١ ملليمتر (١٠٤٢ بوصة) يسقط منه خلال فصل الصيف (ستة أشهر) ٢٢٤٥٤ ملليمتر (٨٨٤ بوصة)، وكانت أكبر كمية مطر سقطت فى يوم واحد ١٨٧٠ ملليمتر (٧٤ بوصة) سجلت فى جزيرة رونيون Reunion بالمحيط الهندى.

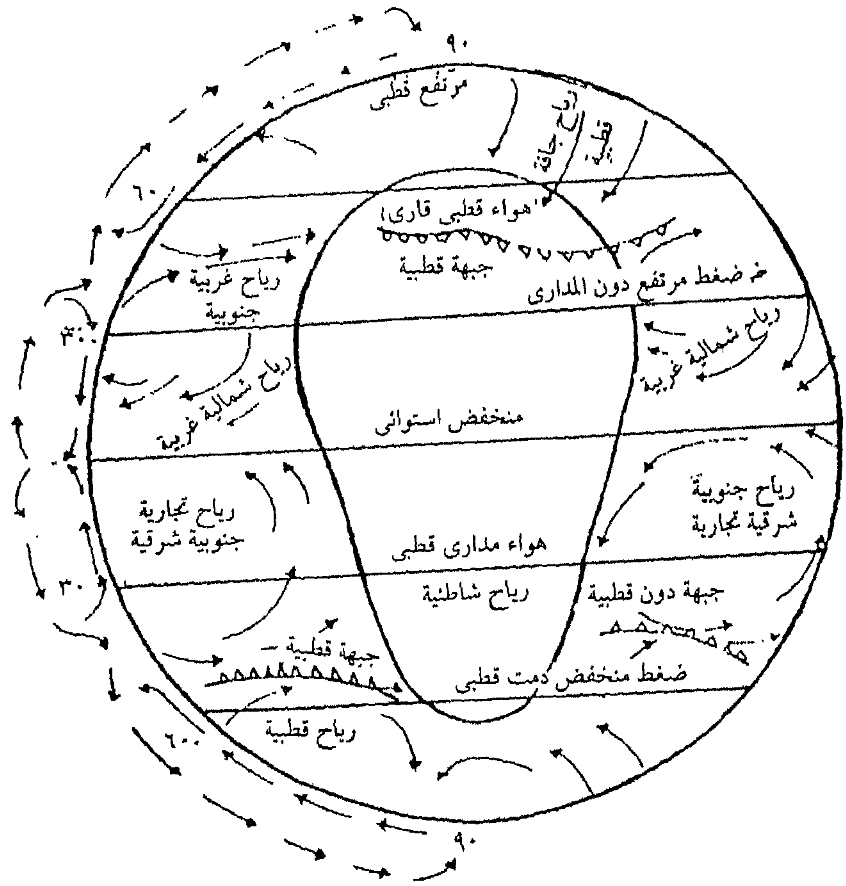
ثامنا: الرياح :

تتأثر الرياح بثلاثة عوامل تتمثل فى: الضغط الجوى air pressure ، ودوران الأرض earth rotation ، والاحتكاك friction.

وفيما يلى إيجاز لخصائص هذه العوامل المؤثرة فى الرياح:

(١) الضغط الجوى :

يختلف الضغط الجوى من منطقة إلى أخرى على سطح الكرة الأرضية، وعادة لا يزيد الضغط الجوى المرتفع عن ١٠٤٠ ملليبار، ونادرا ما يقل الضغط الجوى عن ٩٦٠ ملليبار، ومن ثم فإن الفارق فى الضغط لا يمثل أكثر من ٨ ٪ من متوسط الضغط الجوى، وهذا ما يجعله غير كاف لتحريك الهواء حركات أفقية كبيرة على سطح الأرض بدون تأثير عوامل أخرى. ففى مناطق الضغط الجوى المرتفع (وأضداد الأعاصير) يؤدى ثقل الغلاف الجوى إلى إجبار الهواء على التفرق عند مستوى سطح الأرض (شكل ٢٨) وتحركه نحو مناطق الضغط الجوى المنخفض.



أنماط دورة الغلاف الغازى لسطح الأرض ومناطق الكتل الهوائية

(شكل ٢٧)

وهكذا تكون مناطق الضغط الجوى المنخفض المحاطة بمناطق الضغط الجوى المرتفع مناطق لتلاقى الرياح قرب سطح الأرض تعتمد فيها سرعة الرياح على درجة الانحدار البارومترى* والعكس مع تباعد خطوط تساوى الضغط عن بعضها.

(٢) دوران الأرض: (قوة كريولى Coriolis Force)

كان يمكن للرياح أن تتحرك من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض فى شكل خطوط مستقيمة متعامدة مع خطوط الضغط المتساوى، ولكنها فى الحقيقة لا تتحرك بهذا الشكل فوق سطح الأرض حيث تهب فى موازاة خطوط الضغط أو بميل مختلف الدرجات،ولكنها فى كل الأحوال تهب متجهة نحو الضغط المنخفض. واتجاه الرياح نحو الضغط المنخفض بشكل مائل يرجع أساسا إلى قوة أو مفعول كريولى** الناتج بدوره بسبب دوران الأرض من الغرب إلى الشرق، ويزداد أثر هذه القوة مع زيادة سرعة الرياح.

(٣) الاحتكاك Friction

يؤثر الاحتكاك على سرعة الرياح وخاصة عند جزئها السفلى، ويلعب الاحتكاك متضافرا مع قوة كريولى دوره فى انحراف الرياح وهبوبها بميل على خطوط الضغط المتساوى فى اتجاهها نحو مركز الضغط المنخفض، وتبلغ درجة انحراف الرياح أو ميلها إلى سطح الأرض نحو ٣٠ درجة تقل فوق سطح البحر إلى ١٥ درجة فقط، وذلك بسبب ضعف عملية الاحتكاك بمياه البحر بالمقارنة باليابس.

الدورة العامة للرياح السطحية

تهب الرياح السطحية من مناطق الضغط الجوى المرتفع دون المدارى نحو خط الاستواء مع انحرافها بسبب دوران الأرض إلى اليمين فى نصف الكرة الشمالى northern - hemisphere وعلى يسار اتجاهها فى نصف الكرة الجنوبى، وهذه الرياح هى المعروفة باسم الرياح التجارية الشمالية الشرقية فى نصف الكرة

(*) درجة اقتراب خطوط الضغط المتساوى من بعضها أو درجة ابتعادها عن بعضها.

(**) تختلف درجة انحراف الرياح بفعل دوران الأرض باختلاف درجة العرض حيث يكون التناسب بينهما طردنا باتجاه القطبين، بينما لا يظهر أثر للانحراف عند خط الاستواء، وتنحرف الرياح على يمين اتجاهها فى نصف الكرة الشمالى وعلى يسار اتجاهها فى نصف الكرة الجنوبى.

الشمالى والجنوبية الشرقيـة فـى النصف الجنوبى حيث تلتقى هذه الرياح فى منطقة جبهة الالتقاء المدارية .i. t. c. z * التى يتغير موضعـها خلال السنة. حيث يتسبب التسخين الشديد فى حركة رأسيـة للهواء قرب خط الاستواء مكونا منطقة للضغط المنخفض تعرف باسم منطقـة المنخفض الاستوائى equatorial trough والتى يتغير موضعها تبعا لحركة الشمس الظاهرية بين المدارين، مدار السرطان cancer والجدى capricorn مع تحرك جبهـة الالتقاء المدارية .i. t. c. z تبعا لتغـير موضع المنخفض الاستوائى والتى عـادة ما تتكون داخله. وبسبب كون المنخفض الاسـتوائى منطقة تصعيد شديد للهواء، فهنا تكون الحركة الأفقية للرياح ضعيفة بشكل واضح يطلق عليها الرهو doldrums.

ويحدث فى الثـلاثينيات من خطوط العرض هـبوط هوائى يؤدى إلى تكون مناطق الضغط الجـوى المرتفع. وهنا يتحرك الهـواء الهابط نحو خط الاسـتواء فى شكل رياح تجارية (أشير إليها من قبل) وكـذلك يهب الهواء الهابط نحو الشمال والجنوب بعيدا عن خط الاستواء فيما يعرف بغربيات العروض الوسطى mid - lati- tude - westrlies تتجـه نحو الشـمال الشرقـى فى نصف الكرة الشمـالى ونحو الجنوب الشـرقى فى نصف الكرة الجنوبى حـيث مناطق الضـغط المنخفض قـرب دائرتى عرض ٦٠° شمالا وجنوبا (شكل ٢٨).

وجدير بالذكر أن التداخل بين اليـابس والماء فى نصف الكرة الشمالى يؤدى إلى اضطراب مسـارات الرياح الغربيـة فى العروض الوسطى، والغـربيات عمـوما رياح غير منتظمة وعنيفة تصاحبها أعـاصير واضطرابات جوية حيث تلتقى جبهات متباينة فى خصائصها كما سيتضح ذلك فيما بعد. أما الرياح التى تهب من المناطق القطبيـة ذات الهواء الهـابط شديد البـرودة إلى الخارج فإنهـا تنحرف تجـاه الغرب بشكل عام تشبـه فى ذلك التجاريات، حيث تهب نحـو الجنوب الغربى فى نصف الكرة الشمالى ونحو الشمال الشرقى فى نصف الكرة الجنوبى لتلتقى بالغربيات فى عروض السيتينات حـيث مناطق الضغط المنخفض، ويطلق على هذه الرياح الباردة الجافة اسم الرياح القطبية الشرقية polar - easterlies (شكل ٢٨).

(*) اختصارا لـ Inter - tropical - convergence - zone

الرياح الموسمية Monsoon

تتمثل الرياح الموسمية أفضل تمثيل فى جنوب شرق آسيا، وإن كانت تظهر فى مناطق أخرى من العالم مثل غرب إفريقيا وجنوب شرق أمريكا الشمالية واليمن.

وتنتج الرياح الموسمية بسبب الاختلاف فى درجة الحرارة بين اليابس والماء، فمنطقة جنوب شرق آسيا تقع بين بحار دافئة متمثلة فى المحيط الهندى ومناطق المحيط الهادى، وأكبر كتلة يابسة فى العالم (قارة آسيا)، ومن المعروف أن الكتلة اليابسة تكون شديدة الحرارة صيفا شديدة البرودة شتاءً الموسميات، معنى ذلك أن الموسميات تهب نتيجة للنمط المناخى القارى continentality بما يعنيه ذلك من تسخين سريع وتبريد سريع للكتل اليابسة الضخمة.

وتتأثر الموسميات أيضا بحركة الشمس الظاهرية فى العروض المدارية، وكذلك بتكون الجبهات fronts وملامح السطح والتيارات النفاثة jet streams فى أعالى التروبوسفير.

وفى حالة الموسميات الشتوية يتحرك الهواء البارد ضد الإعصارى من قلب آسيا باتجاه الصين والمناطق الواقعة غرب المحيط الهادى، وتنحرف هذه الرياح الباردة على يمين اتجاهها لتمر بالعديد من أشباه الجزر والأرخبيلات archipelagos الجزرية بجنوب شرق آسيا فى شكل رياح شمالية شرقية، وتسبب هذه الرياح سقوط أمطار غزيرة جنوب شرق الهند وجزيرة سيلون بسبب تشبعها ببخار الماء من خليج البنغال الدافئ نسبيا فى الشتاء. بينما يتوقف هبوب هذه الرياح على معظم الهند وسهل الكانج بسبب تكون ضغط مرتفع فوقها.

أما الرياح الموسمية الصيفية فيحدث خلال فصل الصيف أن تتحرك جبهة الالتقاء المدارية نحو نصف الكرة الشمالى، ويتم تسخين وسط آسيا والهند، وتتكون مناطق للضغط المنخفض وخاصة شمال الهند (سهول الكانج) ومن ثم تستقبل رياحًا جنوبية غربية تعد امتدادا طبيعيا للرياح التجارية الجنوبية الشرقية فى نصف الكرة الجنوبى، انحرفت بعد عبورها خط الاستواء على يمين اتجاهها لتصبح جنوبية غربية وتمر فوق مسطحات مائية واسعة من المحيط الهندى تتميز بدفئها مما

يؤدى إلى زيادة تشبع الرياح التى تمر فوقها ببخار الماء بحيث إنها عندما تصل إلى الساحل الهندى تتخلص من كميات ضخمة من مياه الأمطار التى تحملها وخاصة على مرتفعات الغابات الغربية والسفوح الجنوبية لجبال الهيمالايا التى تقف عقبة أو حاجزا أمام استمرار توغلها شمالا وشمالا بشرق، وجدير بالذكر أن الهند ككل لا تسقط على كل أنحائها أمطار صيفية، حيث توجد مناطق جافة كثيرة فى هضبة الدكن وخاصة تلك الواقعة فى الجوانب الشرقية لمرتفعات الغابات الغربية. (الواقعة فى منصرف الرياح)

الرياح المحلية :

ترتبط هذه الأنواع من الرياح بظروف محلية وبالتالى يقتصر أثر كل منها على مناطق محدودة.

تنقسم الرياح المحلية إلى رياح محلية حارة منها: رياح الخماسين، والهرمطان. ورياح دافئة منها: الفهن، والشنوك. ورياح باردة منها: المسترال، والبورا.

أولا: الرياح المحلية الحارة :

(أ) الخماسين : رياح شديدة الحرارة تهب فى شكل رياح قوية محملة بالرمال والأتربة التى تأتى بها من جنوب الصحراء الغربية فى مصر نحو الأراضى المصرية فى الشمال، وتنتج عن مرور منخفضات جوية قادمة من الغرب تنجذب إليها هذه الرياح، وهذه المنخفضات تتحرك فى مسارات يمتد بعضها على طول الساحل المتوسطى الشمالى فى مصر وخاصة أواخر فصل الشتاء وأوائل الربيع والبعض الآخر يتحرك على طول امتداد الصحراء الغربية (عند خط عرض ٢٨° تقريبا)، وعادة ما تتسبب هذه المنخفضات فى هبوب رياح خماسينية متأخرة فى أواخر الربيع وأوائل الصيف، وعادة لا تستمر الموجات الخماسينية أكثر من يومين أو ثلاثة أيام، وتتميز الموجات الخماسينية التى تهب فى فبراير ومارس بأنها موجات قصيرة وتأثيرها ضعيف نسبيا، أما الموجات التى تهب فى أبريل ومايو فإن تأثيرها يكون أكثر وضوحا بسبب ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعا كبيرا لمدة قد تصل إلى أكثر من ثلاثة أيام. ولهذه الرياح آثار سلبية على الحياة النباتية حيث يصحبها

انخفاض حاد فى الرطوبة النسبية بسبب جفافها الشديد وارتفاع درجة حرارتها بجانب ما تحمله من كميات ضخمة من الرمال العالقة، ولذلك تتأثر بها المحاصيل الزراعية وخاصة محاصيل الفاكهة فى القليوبية والجيزة (يوسف فايد، ١٩٧٣، ص ٦٠)، بجانب ذلك فإن لها أثرها السلبى على صحة الإنسان من خلال ما تجلبه من أتربة ورمال يتسبب عنها العديد من الأمراض.

(٢) السيروكو : رياح حارة عنيفة تهب من شمال إفريقيا باتجاه أوروبا وخاصة نحو جنوب إيطاليا واليونان. وتهب هذه الرياح فى فصل الربيع،وتتميز بارتفاع رطوبتها نتيجة لمرورها على مياه البحر المتوسط مما يسبب الشعور بالضيق عند التعرض لها، كذلك فإن لها آثارها السلبية على النباتات البستانية فى جنوب أوروبا.

(٣) الهرمطان : تهب خلال الشتاء والربيع من الصحراء الكبرى فى إفريقيا نحو ساحل غانا وغرب إفريقيا حيث يجذبها المنخفض الاستوائى، ويؤدى هبوبها بما تحمل من رمال وأتربة إلى الإضرار بالعديد من المحاصيل لهذه المنطقة مثل: زراعة القطن فى نيجيريا؛ مما دفع بالمزارعين إلى عمل أسوار للحماية منها بزراعة أشجار نخيل الزيت.

ويظهر أثر هذه الرياح المتربة على مسافات بعيدة من الساحل داخل خليج غانا. وتوجد رياح حارة أخرى مثل: الهبوب فى السودان، والسولانو فى المغرب، والسموم فى السعودية، والأذيب على ساحل البحر الأحمر فى مصر، والطوز فى الكويت.

ثانيا : الرياح المحلية الدافئة :

وهى من الرياح المحلية التى تعمل على تلطيف الجو البارد فى المناطق التى تهب عليها، بجانب ما ينتج عن هبوبها من دفء يساعد على سرعة نمو المحاصيل خاصة أشجار الفاكهة مثل أشجار التفاح فى سويسرا. وأهم هذه الرياح :

(١) رياح الفهن : تتميز بالدفء والجفاف وتنتج عن تكون منطقة ضغط مرتفع جنوب جبال الألب الأوربية فى منطقة سهل لمبارديا مع مرور منخفضات جوية وسط أوروبا، تعمل هذه المنخفضات على جذب الرياح من منطقة جنوب

الألب حيث يصعد الهواء أعالى السفوح الجنوبية لهذه الجبال ثم يهبط نحو الشمال، ويؤدى ذلك الهبوط إلى تسخين الهواء تسخينا أدياباتيا (أو حركيا) يضاف إلى ذلك ما يخرج إلى الجو من حرارة (كانت كامنة) بعد حدوث عمليات التكاثف، وقد تصل درجة الحرارة عند هبوب هذه الرياح إلى ١٢ درجة مئوية مما يؤدى ـ كما سبق القول ـ إلى سرعة نضج محاصيل الفاكهة جنوب سويسرا وجنوب كل من ألمانيا والنمسا.

(٢) رياح الشنوك* chinook : تشبه رياح الفهن، وتهب فى الشتاء والربيع من الغرب إلى الشرق باتجاه السفوح الغربية لسلسلة جبال الروكى، ثم تصعد هذه الجوانب لتنحدر نحو السفوح الشرقية بشكل عنيف، ويؤدى هبوبها إلى رفع درجة الحرارة، وينصهر الجليد المتراكم على الأجزاء التى تهب عليها، ويؤدى هبوبها كذلك إلى الإسراع بعمليات النمو والنضج بالنسبة للمحاصيل الزراعية.

ثالثا : الرياح المحلية الباردة

(١) رياح المسترال : رياح شديدة البرودة تهب خلال فصل الشتاء من وسط فرنسا على طول امتداد وادى الرون فيما بين هضبة فرنسا الوسطى وجبال الألب ـ وتنجذب هذه الرياح السريعة نحو مسارات المنخفضات الجوية بالبحر المتوسط، وهى من الرياح الضارة التى يؤدى هبوبها إلى إتلاف المحاصيل الزراعية على طول ساحل الريفييرا الفرنسية.

(٢) رياح البورا bora: تشبه رياح المسترال، تهب تجاه البحر الأدرياتى وتأتى من شرق أوروبا عبر جبال الألب الدينارية وهى شديدة البرودة وسريعة، يسبب هبوبها أضرارا بالمناطق التى تتعرض لها. ويوجد فى البرازيل رياح باردة تسمى رياح « بامبيرو » تهب من جهة الجنوب الغربى خلال فصل الشتاء.

(*) تسمى بلغة الهنود الحمر شنوك ومعناها آكلة الثلوج أو اكلة الجليد.

نسيم البر والبحر :

يتميز نسيم البر والبحر فى العروض الدنيا بقوته وأثره الواضح بالمقارنة بالعروض الوسطى، ويرجع ذلك إلى أن الإشعاع الشمسى فى الأولى أقوى والتباين الحرارى بين اليابس والماء أكبر.

ونسيم البر والبحر رياح هادئة بشكل عام تتحرك ما بين اليابس والماء فى شكل عمودى على خط الشاطئ، وتعد صورة مصغرة من النظام الموسمى ولكنه حركة يومية وليست فصلية.

يهب نسيم البحر نحو اليابس نهارا وقد يتوغل لمسافة تصل أحيانا إلى نحو عشرين كيلو متر من خط الشاطئ، ويرجع وصوله لهذه المسافة البعيدة نسبيا عن خط الاستواء إلى عدم وضوح « قوة كريولى » فى تلك العروض، كذلك يظهر أثره فى السواحل المدارية الجافة وخاصة تلك التى تمر بموازاتها تيارات باردة.

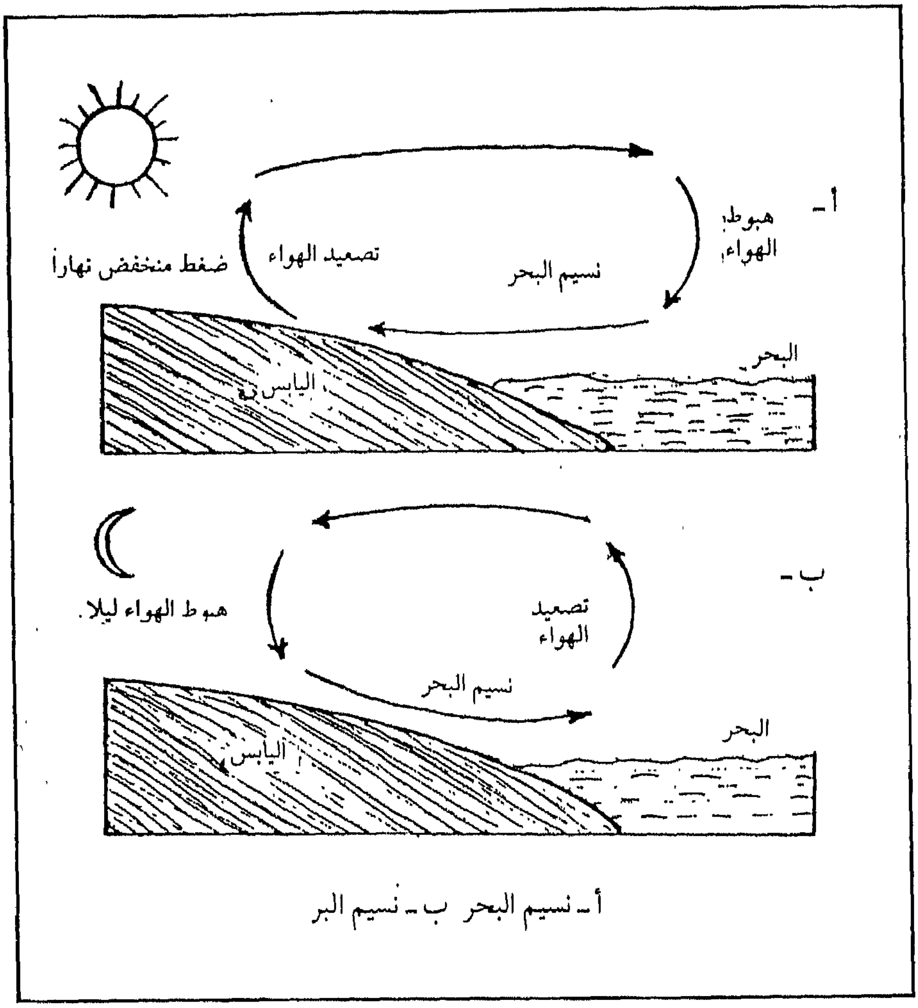
ويؤدى هبوب نسيم البحر إلى تلطيف الجو، أما نسيم البر فهو أضعف بشكل عام من نسيم البحر ويهب ليلا بعد أن يكون اليابس قد فقد حرارته بالإشعاع الأرضى فى الوقت الذى ما زالت فيه مياه البحر محتفظة بأكبر قدر من الحرارة التى اكتسبتها خلال النهار، ويؤدى هذا التباين بالطبع إلى هبوب النسيم من البر إلى البحر (شكل ٢٩).

الكتل الهوائية Air - Masses

الكتل الهوائية عبارة عن كتل ضخمة جدا فى الجزء السفلى من طبقة التروبوسفير تتجانس تجانسا كليا أو جزئيا فى خصائصها من حيث الحرارة والرطوبة humidity.

وتنمو هذه الكتل وتتطور فوق مساحات محيطية أو قارية أثناء سيادة ظروف مناخية ضد إعصارية حيث الهواء الراكد والحركة الراسية الضعيفة، وفى حالة تجانس الهواء فى حرارته ورطوبته تتكون ما تعرف بالكتلة الهوائية.

وتصنف الكتل الهوائية حسب مناطق نشأتها الأولى (أو مناطقها الأصلية)، ويدل حرفا c و m على مصدرها القارى أو البحرى continental or



(شكل ٢٨)

maritime. وحرف T تعنى أن الكتلة مدارية و E استوائية و P قطبية فمثلا كتلة هوائية mE تعنى أنها قادمة من منطقة بحرية استوائية.

وأثناء تحرك الكتلة الهوائية من مناطقها الأصلية إلى مناطق أخرى تختلف فى خصائصها المناخية، فإنها تتعدل وتتغير بعض خصائصها الأولى مثلما يحدث مع الكتل المدارية البحرية التى تمر على غرب أوروبا فى شهرى مايو ويونيو حيث غالبا ما يتكون الضباب فى جنوب وغرب بريطانيا أثناء قدومها. كذلك يحدث

اضطراب وعدم استقرار جوى عندما تمر كتلة بحرية قطبية mp (maritme polar mass) شمال شرق الأطلنطى متحركة تجاه الجنوب فوق مياه دافئة.

الأعاصير والجبهات Cyclones and Fronts

عندما تلتقى تيارات هوائية من مصدرين مختلفين تكون الظروف فى هذه الحالة ملائمة لتكون الجبهات فى عملية تعرف بـ frontogenesis.

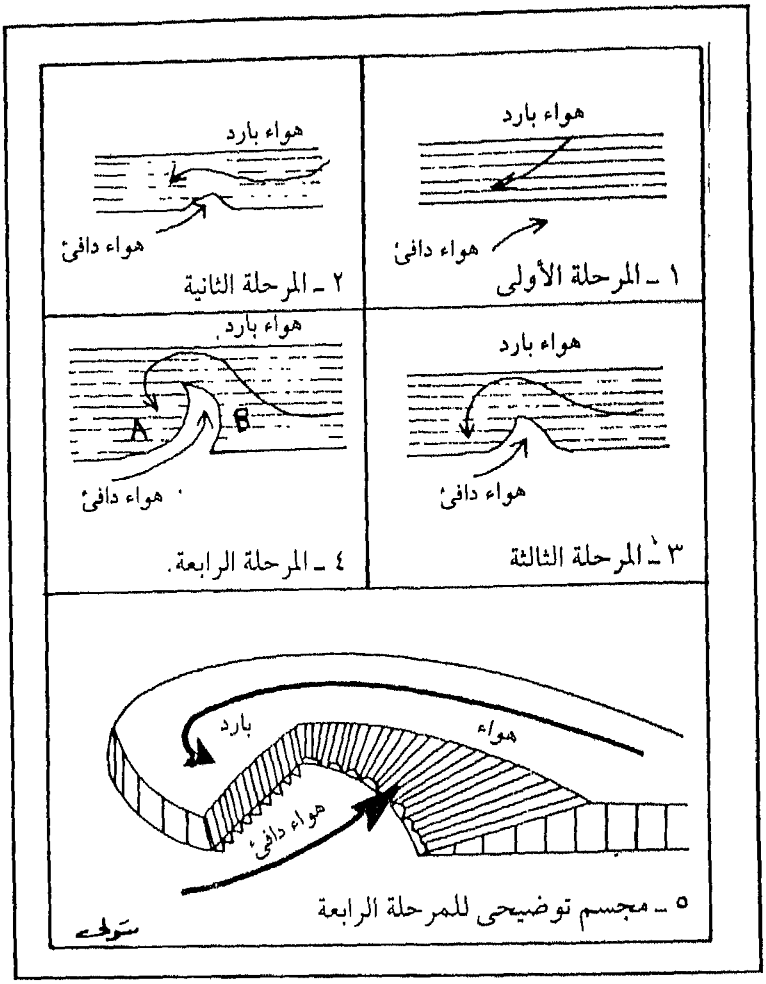
وتعد الجبهة القطبية أنشط الجبهات حركة فى الغلاف الجوى، حيث تتكون وتتطور بها منخفضات depressions أو أعاصير، وتبدو هذه الجبهة فى شكل مجموعة من الجبهات يتكون بعضها فوق اليابس والبعض الآخر فوق المحيطات.

ومن الجبهات أيضا الجبهة المدارية، وتتكون قرب خط الاستواء مع تلاقى كتلة هوائية لا تختلف عن بعضها كثيرا فى خصائصها من حرارة ورطوبة وسرعة؛ ولذلك فهى من الجبهات الضعيفة الهادئة ذات الأثر المناخى المحدود.

وفى أقصى الشمال وأقصى الجنوب توجد الجبهة المتجمدة، أما الأعاصير وأضرارها فتظهر هنا فى شكل دوائر مغلقة، وتسود الأعاصير بشكل خاص بين خطى عرض ٣٥ و ٦٥ شمالا وجنوبا، ولذلك فهى تتحرك مع اتجاه الرياح الغربية السائدة فى هذه العروض، وتختلف أحجام الأعاصير، ولكنها عادة ما تغطى مساحات واسعة تزيد فى كثير من الأحيان على مليون كيلو متر مربع.

ويبدأ تكون الإعصار عندما يتفوق الهواء الدافئ على الهواء البارد على طول جبهة التقائهما، ومع استمرار هذا التفوق يزداد الإعصار نمواً وقوة، ويسود الهواء الدافئ المدارى فى جزئه الجنوبى والجنوبى الشرقى، بينما الهواء البارد الجاف القطبى فى جانبيه الغربى والشمالى الغربى، ويصعد الهواء الدافئ فوق الهواء البارد على طول الجبهة الدفيئة بينما يتقدم الهواد البارد باتجاه الجنوب ليدفع الهواء الدافئ إلى أعلى ويحل محله فى منطقة الجبهة الباردة، ويستمران فى تقدمهما نحو بعضهما البعض إلى أن تلتقى الجبهتان، وفى النهاية يمتلئ الإعصار. بمعنى آخر يقضى الهواء البارد على الهواء الدافئ ويدفعه إلى أعلى.

وعادة ما تأتى الأمطار فى مصاحبة الإعصار بينما يسود هواء بارد وسماء صافية أثناء مرور ضد الإعصار (شكل ٢٩).



تكون الأعاصير **(شكل ٢٩)**

العواصف المدارية Tropical Storms :

العواصف المدارية عبارة عن انخفاض حاد فى الضغط الجوى أطلق عليها كريشفيلد الأعاصير أو الهريكين hurricanes، وهذه العواصف المدارية تختلف عن الأعاصير السابقة المميزة للعروض المعتدلة فى عدة جوانب أهمها ما يلى:

(أ) أن العواصف المدارية ليس لها جبهات.

(ب) انخفاض الضغط الجوى داخل العواصف المدارية حيث يصل البارومتر ٩٠٠ ملليبار فقط فى مركز الهريكين.

(جـ) عادة مـا يكون المطر غزيراً فى المناطق التى تتعـرض للعواصف المدارية باستثناء مركـز العاصفة الذى دائما ما يكون جافا، وقـد سجلت فى إحدى مرات هبوب الهيركين كمية مطر يومى قدرها ١٠٠٠ ملليمتر.

(هـ) يتميـز مركز الإعصار المعـتدل بأنه منطقة هواء صاعـد، بينما فى عين العاصفة المدارية يحدث هبوط هوائى.

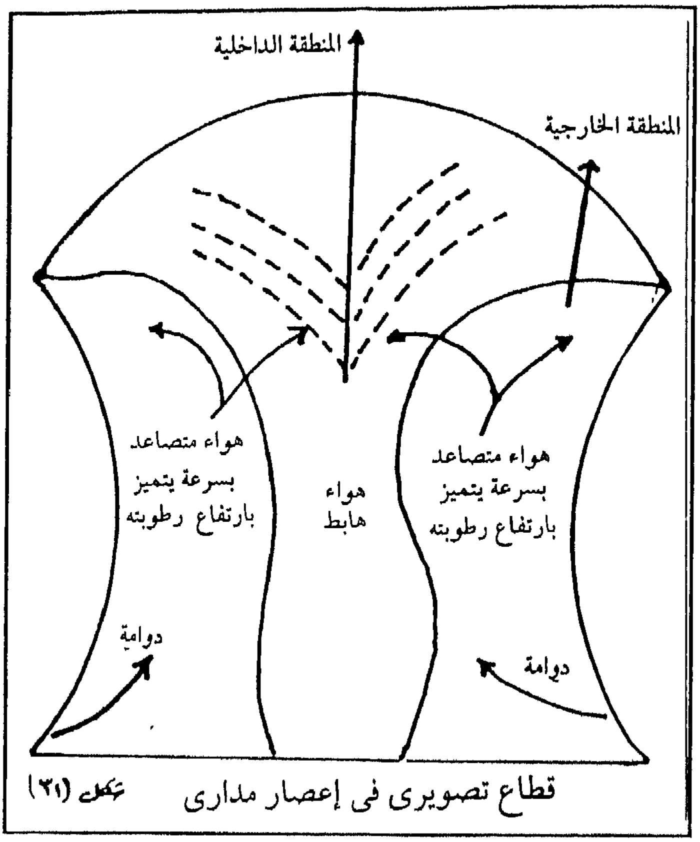
(و) تقل أحجام العـواصف المدارية بالمقارنة بالأعاصيـر فى المناطق المعتدلة، حيث تبلغ أقطار العـواصف المدارية ما بين ١٥٠ ـ ١٠٠٠ كم تحيط مـركزا (عين الإعصار) اتساعه نحو ٢٥ كم تعلوه سـحابة ركامية برجية towering cumulus، والواقع أن طاقة التـصعيـد تأتى مرة أخرى من التكاثـف وإطلاق الحرارة الكامنة، ويقـدر بأن الطاقة الداخلة فى الهـيريكين نتـيجـة التكاثف تساوى عـدة آلاف من القنابل الذرية (Wilcock D, 1983, P136) كما تبلغ كمية الرطوبة بها ٥ بلايين طن أو أكثر.

تبلغ سرعـة الهريكين أكثر من ١٢٠ كـيلو متر فى السـاعة تصحبـها أمطار غزيرة وغمر بحرى عاصف وأمواج ترتفع إلى أكثر من خمسة أمتار، تسبب تدميراً شديداً للمناطق التى تتعرض لها، وعندما تجتـار مياه المحيط تصبح أقل عنفا بسبب تناقص بخار الماء بها. والحقيقة أنه من الصعب الفهم الكامل لنشأة الهريكين وبداية تكونها، فـالهريكين تتكون عندمـا تنتقل جـبهة الالتـقاء المدارية* بعيـدا عن خط الاستـواء ما بين دائرتى عـرض ٥ ـ ١٠ شمالاً وجنوباً فـوق المسطحات المحـيطية حيث ترتفع درجة الحرارة إلى ٢٧م، وتلعـب قوة كريولى دورها فى زيادة قوة هذه العواصف المدارية، وعادة ما تتركز هذه العواصف (الهريكين) فى الأجزاء الغربية من المحيطات حيـث يبلغ سمك الطبقة الهـوائية المشبعة بالرطـوبة أكثر من ٢٥٠٠ متر بينمـا يصل فى الأجزاء الشرقية المقـابلة ١٢٥٠ متر فقط، أما عن كيـفية بداية تكون هذه الهريكين فكمـا ذكرنا آنفا مازالت غيـر معروفة على وجه اليـقين حتى الآن (شكل ٣١).

الترنيدو tornadoes:

عاصفة رعدية thunder storm عنيفة للغاية وهى من الأنواع صغيرة الحجم التى تتميـز بالمحلية، وتبدو قمـعية الشكل تتكون من عنق ضـيق جدا من دوامات هوائية غاية فى السرعـة الدورانية تبدو كأنها مدلاة من سحب ركـامية باتجاه سطح

(*) نادرا ما تتحرك هذه الجبهة إلى الجنوب من خط الاستواء فى المحيط الأطلنطى.

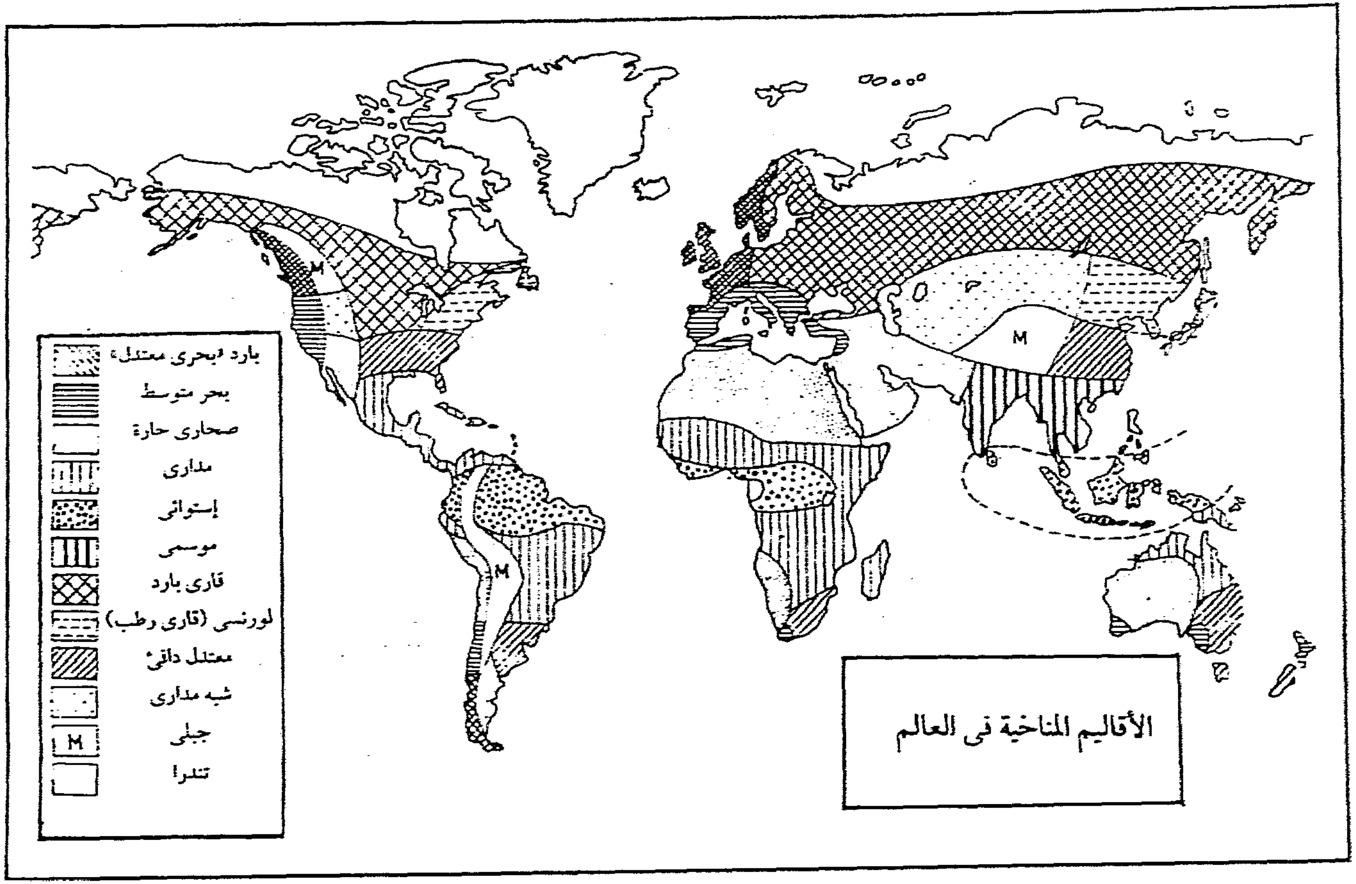


(شكل ٣٠)

الأرض، وإن كانت تمسه مسا خفيفا ولا ترتكز عليه. وقطر الترنيدو يصل إلى ١٠٠ متر فقط وينخفض الضغط انخفاضا حادا عند مركزها؛ ولذلك فالرياح المصاحبة لها تكون عنيفة للغاية وشديدة السرعة بحيث تزيد أحيانا على ٥٠٠ كيلو متر فى الساعة، وتتكرر هذه الظاهرة فى الوسط الغربى الأمريكى أكثر من مائة مرة فى السنة، وقد تنفجر المبانى التى تمر بها الترنيدو بسبب الهبوط المفاجئ الحاد للضغط الخارجى، ويبدو أنها تتكون عندما يحدث تباين حاد فى درجة الحراوة والرطوبة بين الهواء القطبى والمدارى على جانبى جبهة باردة.

تاسعاً : أنواع المناخ فى العالم

(ا) المناخ المعتدل البحرى : ويعرف بمناخ غرب أوروبا، يتمثل فى الجزر البريطانية، والمناطق المجاورة لغرب أوروبا، وكولمبيا البريطانية بكندا، وجنوب تشيلى، وجزيرة نيوزيلند الجنوبية (شكل ٣١).


الأقاليم المناخية فى العالم
بارد (بحرى معتدل)
بحر متوسط
صحارى حارة
مدارى
إستوائى
موسمى
قارى بارد
لورنسى (قارى رطب)
معتدل دافئ
شبه مدارى
جبلى
تندرا
M

(شكل ٣١)

ونظرا لتعرض هذه المناطق للرياح الغربية طوال العام فإنها تتميز بمطرها الدائم خلال فصول السنة المختلفة، وتبلغ كمية المطر السنوية ٧٥٠ ملم (٣٠ بوصة) قد تزيد عن ذلك كثيرا فى المناطق الجبلية المعرضة للرياح مثل مرتفعات أسكتلندا (جوانبها الغربية)، بينما تقل فى بعض المناطق الداخلية أو الواقعة فى منصرف الرياح، وترجع أمطار هذا النظام المناخى إلى الأعاصير التى تمر فوقه فى فصول السنة المختلفة، يزيد من تأثيرها وجود المرتفعات فى بعض الأجزاء. ويتميز كذلك بعدم وجود فصل جاف، مع تركز قمة المطر فى فصلى الشتاء والخريف. يتميز هذا النظام المناخى - أيضا - بكثرة الضباب وخاصة على السواحل شمال غرب أوروبا فى فصلى الشتاء والخريف، وتقل العواصف الرعدية باستثناء فترات من فصل الصيف حيث تتعرض لبعض العواصف بسبب ارتفاع درجة الحرارة وخاصة فى المناطق الداخلية مثلما يحدث فى باريس التى تتعرض لعواصف رعدية يتراوح عددها من ٥ - ٦ مرات خلال كل شهر من شهور الصيف (يونيو ويوليو وأغسطس).

وبالنسبة لدرجات الحرارة يتميز هذا الإقليم بالارتفاع النسبى فى درجات الحرارة خلال فصل الشتاء بسبب مرور التيارات الدافئة أمام السواحل، بينما تسود البرودة فترات محددة عندما يصل الهواء القطبى البارد، وفى فصل الصيف يؤدى هبوب الرياح الغربية إلى تخفيض درجة الحرارة.

(٢) مناخ البحر المتوسط : يتمثل هذا النظام المناخى فى جنوب أسبانيا والريفيرا الفرنسية، والوادى الأوسط بكاليفورنيا، ومنطقة الكاب فى جنوب إفريقيا، وفى الوادى الأوسط بشيلى، وسواحل دول المغرب العربى، وسواحل الشام وأقصى جنوب غرب أستراليا وغيرها من المناطق التى تهب عليها الرياح التجارية فى الصيف والرياح الغربية الممطرة شتاء.

وهكذا يتميز هذا المناخ بمطره الشتوى الذى يرتبط بمرور الأعاصير الشتوية التى تتحرك فى مسارات فوق البحر المتوسط خلال الشتاء فى نفس الوقت الذى تسيطر فيه مناطق للضغط المرتفع ومناطق من أوروبا الجنوبية، ولذلك تزداد كمية المطر فى هذا الفصل فى الجزء الجنوبى من إقليم البحر المتوسط، وفى فصلى الربيع

والخريف يحدث مع تزحزح مسارات الأعاصير شمالا أن تظهر قمتان للمطر فى الجزء الشمالى من إقليم البحر المتوسط فى هذين الفصلين مع زيادة كمية المطر على السفوح الغربية للمرتفعات بإيطاليا وأسبانيا وشرق البحر الأدرياتى، وتصل كمية المطر السنوى فى جبل طارق ٩١٠ ملم يسقط منها فى مارس ١٢٢ ملم.

أما فى فصل الصيف فنجد سيطرة تامة للضغط المرتفع الأزورى على منطقة البحر المتوسط، ولذلك ينـدر سقوط المطر (يوسف فايد، ١٩٧٣، ص ١٩٣) وأهم ما يميز الحرارة اعتدالها فى فصل الشتاء، وارتفاعها فى فصل الصيف، فحرارة مدينة مرسيليا الفرنسية تصل كمتوسط شتوى ٧ درجات وقد تنخفض إلى أقل من ذلك مع هبوب رياح المسترال، وتصل درجة الحرارة فى منطقة جبل طارق فى شهر يناير ١٣°م، وفى سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا الأمريكية ٩م، بينما تصل حرارة يوليو فى كل منهما على الترتيب ٢٣°م و ١٤°م.

(٣) مناخ الصحارى الحارة : يتميز هذا المناخ بقلة أمطاره بشكل واضح مع ارتفاع درجة الحرارة وخاصة فى فصل الصيف، ويقع هذا النظام المناخى فى المناطق من العالم التى تسيطر عليها الرياح التجارية الشرقية طوال السنة، وتتمثل أكثر ما تتمثل فى إقليم الصحراء الكبرى، ذلك النطاق الجاف الممتد فى إفريقيا فيما بين إقليم مناخى البحر المتوسط حتى خط عرض ١٥ شمالا فى الجنوب، وتظهر فى غرب أستراليا، وفى صحراء أريزونا بالولايات المتحدة، وصحراء جنوب شرق إفريقيا، وصحراء الجزيرة العربية.

وفى صحراء إفريقيا فإن انخفاض نسبة الرطوبة النسبية فى الهواء المدارى القارى يؤدى إلى ارتفاع درجات الحرارة أثناء النهار ارتفاعا حادا، ولذلك تتميز بالمدى الحرارى اليومى الكبير، ويصل متوسط حرارة يناير إلى نحو ١٨م بينما متوسط حرارة الصيف قد يصل إلى ٤٨، وقد سجلت ببلدة العزيزية جنوب طرابلس بليبيا أعلى درجة حرارة فى العالم ٥٦,٥ خلال فصل الصيف. والأمطار فى هذا النظام المناخى قليلة جدا وتوجد مناطق بها تعد من أكثر بقاع الأرض جفافا، وقد لا تتلقى نقطة مطر خلال عدد من السنوات مثل صحراء إتكاما بأمريكا الجنوبية، ومناطق من صحراء غرب أستراليا. وقد تقل حدة الجفاف والحرارة بالاتجاه نحو أطراف هذه الصحراء نحو إقليم بحر متوسط أو الإقليم

المدارى الموسمى (راجع الشكل ٣١)، ففى الصحراء الكبرى الإفريقية نجد أن أطرافها الشمالية تتلقى بعض الأمطار الشتوية متأثرة فى ذلك بنظام البحر المتوسط، كما تتلقى أطرافها الجنوبية بعض الأمطار المرتبطة بمنطقة المنخفض الاستوائى والتى تتحرك شمالا فى شهر يوليو، يتضح ذلك فى مدينة تمبكتو على الحدود بين الصحراء والمناخ السودانى، والتى تتلقى كمية مطر سنوية تبلغ ٢٢,٥ سم يسقط منها فى يوليو ٨,٨ سم.

كذلك تلعب المناطق المرتفعة وسط المناخ الصحراوى دورها فى تعديل درجات الحرارة وتصعيد بعض الأمطار، وتظهر كجزر مناخية وسط نطاق صحراوى متسع، مثلما هو الحال فى مرتفعات تبيستى والأحجار، والأخيرة تبلغ أمطارها السنوية ٢٥ سم.

(٤) المناخ المدارى Tropical Climate

يتميز بصيف ممطر وشتاء جاف، وهو فى ذلك يكون عكس الحال فى مناخ البحر المتوسط، وترتفع الحرارة صيفا فتصبح مماثلة لحرارة المناخ الاستوائى بينما يتميز الشتاء بالدفء، فهذا النظام ببساطة يمثل مرحلة انتقالية بين المناخ الاستوائى وظروف المناخ الصحراوى المدارى، وعلى ذلك يزداد المطر بالاقتراب من الجهات الاستوائية ويقل بالاتجاه نحو الصحارى. ويبلغ متوسط درجة الحرارة فى شهر مايو ٣٢ درجة، أما فى الشتاء فتهب الرياح التجارية الشمالية متجهة نحو خط الاستواء وهى رياح جافة ذات تأثير ضار على الحياة النباتية وعلى الإنسان، وتصل كمية المطر السنوى فى منجلا جنوب السودان ٩٣ سم، وفى كنجستون بجامايكا ٨٤,٣ سم (٣٣,٣ بوصة)، وفى بولاوايو بإفريقيا ٦٣,٧ سم (٢٥ بوصة). وأهم مناطق هذا النظام المناخى معظم أمريكا الجنوبية باستثناء المنطقة الشمالية الغربية، يضم إليها النطاق الساحلى الشمالى من أمريكا الجنوبية، وهضبة البرازيل، ونطاق السافانا فى إفريقيا، وشمال أستراليا (شكل رقم ٣٢).

(٥) المناخ الاستوائى Equatorial climate

يصعب فى الحقيقة تحديد كل من الصيف والشتاء فى المناطق الملاصقة أو المجاورة لخط الاستواء، وذلك لأنها حارة طوال السنة، كما أن الأمطار تسقط بشكل تقريبى كل يوم من أيام السنة وخاصة بعد الظهر بعد أن تتم عملية التصعيد ويحدث التكاثف فى طبقات الجو العليا، فالمدى الحرارى السنوى يكاد لايذكر

فمثلا نجده فى سنغافورة درجة واحدة، وفى مدن زائير نحو ٣ درجات، بينما يزيد المدى الحرارى اليومى عن ذلك بكثير*. أما عن المطر فيزيد على ١٢٥ سم فى السنة كما لاتقل الحرارة عن ٢٠°م فى أى شهر، وتصل فى زائير إلى ١٧٠ سم، وفى سنغافورة ٢٤١ سم (بسبب موقعها البحرى).

والمطر من النوع الانقلابى (التصاعدى) Convectional type والذى يسقط فى شكل عواصف رعدية. وتختلف كمية الأمطار من منطقة إلى أخرى داخل هذا النمط المناخى فمثلا يمكن مقارنتها بين حوض الأمازون وحوض زائير فالمطر فى زائير يتراوح ما بين ١٥٠ و ٢٠٠ سم ومتوسط حوالى ١٧٠ سم، بينما يتراوح فى الأمازون بين ٢٠٠ و ٢٥٠ سم، ويرجع ذلك إلى وجود هضبة شرق إفريقيا التى تمثل عائقا أمام الرياح التجارية الجنوبية الشرقية، عكس الحال مع حوض الأمازون الذى يقع فى مواجهة الرياح التجارية، والرطوبة النسبية مرتفعة فى هذا النظام المناخى بشكل ملفت.

(٦) المناخ الموسمى المدارى Tropical monsoon climate

يقع فى جنوب شرق كتلة أسيا فى الهند والصين ودول الهند الصينية، وكما عرفنا من الصفحات السابقة فإن هذا الإقليم يتميز بنظام مطر موسمى صيفى غزير يرتبط بنظام الرياح الموسمية الصيفية القادمة من المحيط الهندى حيث المياه الدافئة، ويسود الجفاف خلال شهور الشتاء باستثناء بعض المناطق مثل: سواحل جنوب شرق الهند، وجزيرة سيلون، وقد أشير من قبل إلى كميات المطر الغزيرة جدا التى تسقط فى بلدة تشيرابونجى بالسفوح الجنوبية للهيمالايا. وهنا نضرب مثلا بمدينة بومباى الهندية التى تبلغ أمطارها السنوية ١٨٣٤ ملم (٧٢,٢ بوصة) ومدينة هونج كونج ٢١٦٣ ملم (٨٥ بوصة) وتصل درجة الحرارة فى المدينتين السابقتين فى يناير ٢٤°م و ١٦ على التوالى وفى مايو ٣٠ و ٢٥. ولايزيد المدى الحرارى السنوى على ست درجات مئوية (راجع بالتفصيل خصائص المناخ الموسمى ص ١٥٦ من هذا الكتاب).

(٧) المناخ القارى البارد :

يتأثر المناخ القارى البارد فى كل من وسط آسيا وأمريكا الشمالية بالكتل القارية الباردة، وهذا المناخ لا يوجد فى نصف الكرة الجنوبى حيث لا توجد كتلة

(*) يبلغ المدى الحرارى اليومى نحو ست درجات مئوية.

قارية باردة ذات شأن فى تلك العروض العليا الجنوبية. ويؤدى بعد هذه المناطق عن البحر إلى انخفاض درجة حرارة الشتاء انخفاضا حادا، بينما فى الصيف ترتفع الحرارة وتماثل نفس الظروف الحرارية بالمناخ البحرى المعتدل غرب أوروبا، ومن ثم يتميز هذا المناخ بكبر المدى الحرارى السنوى الناجم أساسا عن الانخفاض الشديد فى حرارة الشتاء، والمطر هنا ليس غزيرا طوال العام وإن كان معظمه يسقط صيفا، وهو يسقط فى شكل ثلوج فى فصل الشتاء. ويبلغ المدى الحرارى السنوى فى مدينة فرخويانسك verkhoynsk ٦٦م حيث تبلغ درجة الحرارة يناير - ٥٠م وحرارة يوليو ١٦م، وتبلغ فى موسكو - ١١م فى يناير و١٩ فى شهر يوليو، أى أن المدى الحرارى السنوى بها ٣٠م. وتبلغ كمية الأمطار (التساقط ككل) فى فرخويانسك ١٣١م (٥,١ بوصة)، وفى موسكو ٥٣٤ ملم (٢١ بوصة)، وفى وينبج wi ninpeg ٥١٥ ملم (٢٠,٢ بوصة). ويمتد هذا الإقليم فى وسط آسيا كنطاق عرضى مستمر وممتد إلى الشرق من إقليم غرب أوروبا حتى شبه جزيرة كمشتكا وفى نفس عروضه العليا (شمال خط عرض ٤٥ شمالا).

ويوجد فى أمريكا الشمالية فى الجزء الأوسط من كندا والولايات المتحدة إلى الجنوب من إقليم التندرا (شكل ٣٢).

(٨) المناخ اللورانسى Lorentian climate

يحد هذا النظام المناخى نظام المناخ القارى الرطب من جهة الشرق. ويشبه مناخ غرب أوروبا فى كثير من الجوانب، عدا المدى الحرارى السنوى الذى يتميز هنا باتساعه، وترجع برودة الشتاء هنا بسبب تعرضه لهبوب الرياح الباردة والقادمة من الكتل القارية الباردة على الجانب الغربى منها، وتبلغ كمية المطر فى مدينة نيويورك الواقعة فى هذا النظام ١٠٦٩ ملم (٤٢,١ بوصة)، والمدى الحرارى السنوى ٢٤ درجة حيث تبلغ درجة الحرارة فى يناير - ١ م وترتفع فى يوليو إلى ٢٤م، راجع شكل رقم (٣٢) الذى يبين مناطق هذا النظام المناخى شرق أمريكا الشمالية، وشمال شرق الصين، وشبه جزيرة كوريا.

(٩) المناخ المعتدل الدافئ شرقى القارات :

يعرف هذا النظام المناخى أحيانا بمناخ الخليج أو المناخ الصينى، ويتميز هذا النظام المناخى بأمطاره الصيفية الغزيرة التى تشبه الأمطار الموسمية بالهند، وإن كان المطر دائم السقوط طوال السنة، وإن سقط معظمه فى الفترة من مايو إلى سبتمبر فى كل من الصين واليابان، وقد يتعرض فى الشتاء لهبوب موجات مناخية باردة من الشمال قد تسبب أمطارا غزيرة وأحيانا تهب عواصف ترابية يطلق عليها فى الصين « تراب بكين »، وتقل الأمطار وتسود الظروف القارية فى وسط الصين.

يتمثل هذا المناخ أيضا فى جنوب شرق أستراليا تمثله هنا مدينة سيدنى حيث تبلغ درجة الحرارة بها فى فصل الشتاء (شهر يوليو ١٢م) وفى يناير (الصيف) ٢٢م، ويبلغ المدى الحرارى السنوى نحو ١٠ درجات مئوية، أما عن التساقط فيبلغ المطر السنوى ١٢١٧ ملم (٤٧,٩ بوصة)، تتوزع على مدار السنة، وإن زادت فى شهور الصيف الجنوبى حيث يصل كمية المطر فى كل من يناير وفبراير ٩٤ ملم على التوالى.

ويظهر فى شرق وشمال شرق الأرجنتين وجنوب هضبة البرازيل حيث سهول البمباس الأرجنتينية التى تتميز بأمطارها الصيفية التى تقل بالاتجاه نحو الداخل مع ارتفاع درجة الحرارة صيفا وانخفاضها نسبيا فى الشتاء.

(١٠) مناخ العروض الوسطى شبه الجاف :

يظهر هذا النمط المناخى فى إقليم الهضاب المرتفعة بجبال الروكى بأمريكا الشمالية ووسط آسيا كما يتضح ذلك من الشكل رقم (٣٢)، ويتميز هذا المناخ بزيادة المدى الحرارى السنوى وقلة المطر بشكل كبير، ويظهر هنا نمط صحراوى بارد حيث يصل المدى الحرارى السنوى إلى أكثر من ٣٠ درجة وكمية المطر السنوى ٨٧ ملم (٣,٤ بوصة) يسقط معظمها فى فصل الصيف.

بجانب ما سبق من مناخات يوجد مناخ التندرا فى الأقاليم القطبية المتجمدة arcticregions فى نصف الكرة الشمالى والجنوبى الذى يتميز بشتاء طويل شديد البرودة وصيف قصير قد يتحول خلاله السطح إلى بقع من المستنقعات مع انصهار الجليد.

والمناخات الجبلية أيضا مثلما هو الحال على الأنديز والهيمالايا يعتمد فيها المناخ على درجة الارتفاع عن سطح البحر أكبر من الاعتماد على أى شىء آخر إلى جانب تأثره بدرجة التعرض لأشعة الشمس أو الحماية منها، ويصعب فى الواقع تصنيف الجبال ضمن أى نمط مناخى من الأنماط السابقة.

الفصل الخامس

الغلاف المائى

(الهيدروسفير)

Hydrosphere

يتكون الغلاف المائى أساسا من ميـاه المحيطات والبحار التى تمثل ٨٦ ٪ من حجم المياه بالكرة الأرضيـة، تأتى المياه الجوفية بعد ذلك بنسبـة ١٢ ٪، أما النسبة المتبقية فيتكون منها الجليد بالمناطق القطبية، وعلى بعض القمم الجبلية فى العروض الأخرى بجـانب مياه الأنـهار والبحـيرات وبخار الماء والسـحب العالقـة بالغلاف الجوى.

وفيـما يلى دراسة مـختصـرة لخصائص الغـلاف المائى بالبحـار والمحيطات والجليد والمياه الجوفية.

أولا ـ البحار والمحيطات

مفهوم البحار وتصنيفاتها المختلفة

يشتمل لفظ بحار بمفهـومـه العام على كل البحار والمحيطات الموجـودة على سـطح الأرض بما فيهـا البحيرات المالحة والبـحار الداخلية (طريح، ١٩٨٥، ص ٥٥) ويختلف مفهوم البحر عن المحيط من خلال الخصائص التالية:

ـ أن مساحـة البحر أقل من مـساحة المحيط ولا تزيد فى الأغلب عن عـشر مساحة أصغر المحيطات وهو المحيط الهندى ٧٥ مليون كيلو متر مربع.

ـ عمق البحـر غالبا ما يكون أقل من ١٠٠٠ متر إلا إذا كـان بحرا أخدودياً إلى جانب مـا يميز مـياهها عن مـياه المحيطات من خـصائص طبيعـ ماوية وإحاطته باليابس من أكثر من جهة.

وتنقسم البحار على أساس صلتها باليابس من جانب وبالمحيطات من جانب آخر إلى:

(١) البحار الهامشية marginal seas: توجد على أطراف المحيـطات وتتصل بها بشكل واضح عن طريق فتحات واسعة مثل البحر العربى وبحر الشمال وبحر برنج والبحر الكاريبى وخليج بسكاى، ويمكن اعتبار خليج عمان بحراً هامشياً لاتصاله بالمحيط الهندى من خلال فتحة متسعة.

(٢) البحـار المتوسطة (المتـوغلة فى اليـابس) : تتـصل بالمحـيطات من خـلال فتحات ضيقة تعرف بالمضايق straits وهى بذلك أكثر تأثراً باليـابس الذى يحيطها

ولذلك تختلف خصائص هذه البحار عن بعضها البعض من حيث الخصائص الطبيعية والكيماوية لمياهها باختلاف ظروف اليابس المحيط بها كما أنها تتأثر قليلا بالمحيطات التى يكون التبادل بينهما محدودا من خلال المضايق سابقة الذكر، ومن هذه البحار البحر المتوسط والبحر البلطى والبحر التيرانى والبحر الأسود والبحر الأحمر والخليج العربى.

(٣) البحار الداخلية Inland seas : وهى تماثل البحيرات حيث توجد داخل القارات ولا يوجد اتصال بينها وبين البحار أو المحيطات الأخرى. وتمثل فى حالات كثيرة بقايا بحار جيولوجية قديمة ومنها بحر قزوين والبحر الميت وبحر آرال.

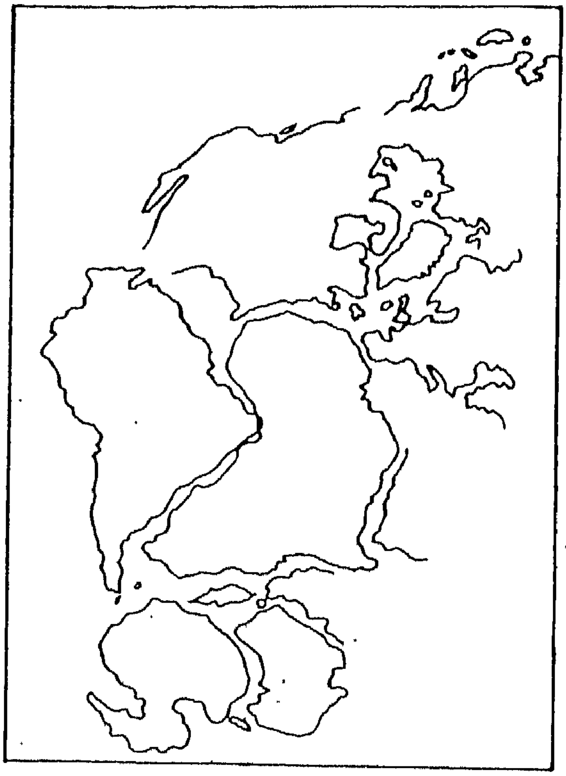
نشأة البحار والمحيطات :

مازالت نشأة البحار والمحيطات محلا للنقاش العلمى ومجالا للأبحاث والدراسات المتعددة، وقد ظهرت نظريات عديدة لتفسير نشأتها سوف نتعرض لنظريتين منها ونكتفى بما ذكر سابقاً من تفسير حديث لنشأتها من خلال نظرية الألواح التكتونية.

(أ) النظرية التتراهيدية أو نظرية المنشور الثلاثى : صاحبها لوثيان جرين Lothi-an Green الذى وضعها سنة ١٨٧٥ والذى يفترض فى نظريته أن الأرض كانت فى حالة سائلة ثم بردت وتصلبت وانكمشت متخذة شكلا هرميا ثلاثيا تمتد رأسه فى الجنوب وقاعدته فى الشمال، تحتل البحار والمحيطات جوانبه المسطحة وتحتل القارات أضلعه وحافاته البارزة، وهذا الوضع وإن كان يتفق إلى حد كبير مع التوزيع الحالى لليابس والماء ورغم تأييد البعض له إلا أنها (النظرية) تجانب الحقيقة فيما يتعلق بطبيعة الأرض؛ ذلك لأن الدوران الأرضى لا يسمح لها بالثبات على هذا الشكل.

(ب) رأى لابورث C. Lapworth يشبه هذا الرأى لصاحبه لابورث البريطانى ما جاء فى نظرية لوثيان جرين التتراهيدية،ويرى فيه أن الأرض فى بدايتها كانت رخوة حارة ثم أخذت تبرد بالتدريج مما أدى إلى نقص حجمها وتقلص قشرتها فى شكل غير منتظم مثلما يحدث لثمرة التفاح عندما تجف وتتجمد قشرتها،شغلت المحيطات

الأجزاء السفلى منها بينما شغلت القارات الأجزاء البارزة، ويمكن أن نتفهم هذا الرأى إذا ما عرفنا أن الفارق التضاريسى بالقشرة الأرضية الذى يبلغ نحو ٢٠ كيلو متر يمثل ١/ ٦٣٧٥ من قطر قطر الكرة الأرضية وهو سمك رقيق للغاية كما يتضح من النسبة السابقة (طريح، ١٩٨٥، ص ٧٥).



كتلة قارة بنجايا التى تصدعت من ٢ مليون عام

شكل (٣٢)

(جـ) نظرية الزحزحة أو الزحف القارى Conti- nental Drift:

يعد العالم الألمانى ألفريد فجنر A. Wegener أول من تكلم عام ١٩٢٢ عن احتمال حدوث زحف للكتل القارية واقترح عندئذ نظريته للزحزحة القارية: يرى فجنر فى نظريته أن اليابس كان يمثل خلال الزمن الجيولوجى الأول كتلة متماسكة أطلق عليها اسم قارة بانجاى Pangae وكان بحر تثس وبحار جيولوجية أخرى تفصلها إلى قسمين، قسم شمالى باسم لوراسيا Laurasia وجنوبى باسم جندوانا Gondwana، وكان خط الاستواء يمر بالأطراف الشمالية منها - ثم بدأت فى التمزق منذ أواخر الزمن الأول وخلال الزمن الثانى بسبب تعرضها

للتصدعات، وبدأت كل كتلة منها تتحرك بالزحف، وكان الزحف فى ثلاثة اتجاهات نحو الشمال ونحو الشرق ونحو الغرب (شكل رقم ٢٨) وقد أدى التحرك الشمالى إلى البعد عن القطب الجنوبى باستثناء القارة القطبية الجنوبية التى بقيت فى مكانها تاركة جندوانا تزحف شمالا مع غيرها من كتل يابسة، ومن أهم الأدلة على حدوث هذا الزحف وجود رواسب من تربة اللاتيريت الاستوائية فى جنوب ووسط أوروبا مع اكتشاف هياكل لحيوانات البيئات المدارية الحارة مثل النمور والفيلة فى قارة أوروبا، ومعنى ذلك أن خط الاستواء كان يمر بوسط قارة أوروبا وكانت جنوب إفريقيا فى نفس الوقت ممتدة حتى القارة القطبية الجنوبية.

أما الزحف الشرقى فقد بدأ بزحف معظم أستراليا وهضبة الدكن وشبه الجزيرة العربية عن جندوانا، وفى نفس الوقت زحفت كل من جرينلاند وأمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية عن كل من لوراسيا وجندوانا على الترتيب متجهة نحو الغرب، ويسوق فجنر أدلة على صدق هذا الزحف جهة الغرب من خلال التشابه بين السواحل الشرقية والسواحل الغربية للأطلنطى ليس فى الشكل فقط ولكن فى الصورة التركيبية والملامح الجيومورفولوجية التى ترجع إلى الزمنين الأول والثانى وكذلك التكوينات الجيولوجية حيث توجد أوجه شبه بين أنواع الصخور على سواحل كل من البرازيل وساحل غرب إفريقيا.

نشأة الحياة فى مياه البحار والمحيطات

عندما تكونت الأحواض المحيطية لم تكن المياه قد تكونت بعد، وكانت الأرض محاطة بغلاف كثيف من السحب، وهى التى أمدت الأرض بغلافها المائى، حيث إنه عندما بردت الأرض بدأت السحب تتكاثف وبدأت الأمطار تسقط بشكل غزير ومستمر إلى أن امتلأت هذه الأحواض بالمياه والتى كان جزء كبير منها ينحدر من القارات بما يحمل من صخور مفتتة ومواد مذابة جلبت الأملاح التى تميز مياه المحيطات حالياً.

بالنسبة لنشأة الحياة بمياه البحار فقد بدأت الصورة الأولى فى شكل مواد مثل النتروجين والفوسفات والبوتاسيوم كأشياء حية ميكرسكوبية تشبه البكتريا وكانت تمثل مرحلة ما بين الأشياء غير الحية والحية، وبعد أن انقشعت السحب وبدأت

أشعة الشمس فى الوصول إلى سطح البحار تكونت مادة الكلورفيل وبتكونها أصبحت الأشياء الحية تبنى جسمها من خلال امتصاص ثانى أكسيد الكربون من الجو، وبدأت تظهر أشياء أخرى ليس من مكوناتها الكلورفيل ولكنها كانت تستفيد من النبات فى غذائها.

وبمرور الزمن بدأت صور الحياة تكثر وتتعدد، فمن الحياة وحيدة الخلية إلى الحيوانات ذات الأعضاء المختلفة للهضم والتنفس والتكاثر، ويبدأ يظهر الأسفنج والمرجان، وحتى الآن لم تكن الحياة قد ظهرت على سطح القارات، وتدل الحفريات التى وجدت (ترجع إلى ٥٠٠ مليون سنة) على أنه منذ فجر العصر الكمبرى أن الحياة بدأت بحرية، وبدأت تتطور بشكل سريع فظهرت المجموعات الرئيسية من الحيوانات اللافقارية، ولم تر القارات أولى صور الحياة إلا فى العصر السيلورى (منذ ٣٥٠ مليون سنة) وكانت من نوع الزواحف اللافقارية التى لم تقطع صلتها بالماء فقد كانت برمائية ثم انتقلت بعد ذلك النباتات من البحار إلى القارات، وخلال فترات تعاقب طغيان مياه البحر على اليابس تكونت بيئات انتقالية كانت مسرحا لحياة نباتية وحيوانية غنية، ومع تطور هذه العلاقة واستمرارها حدث تطور هام فى الحياة البحرية الحيوانية إذ تحولت زعانف بعضها إلى أرجل وخياشيمها إلى رئات وتحولت بالتالى إلى حيوانات برية، ثم تطورت الحياة فى المحيطات والقارات وظهرت الطيور والثدييات (راجع بالتفصيل فايد، وصبرى محسوب، ١٩٩٢، ص ٣٣).

الصور التوزيعية للبحار والمحيطات

يتوزع اليابس والماء على سطح الأرض بشكل غير متعادل بين نصفى الكرة الأرضية الشمالى و الجنوبى.

من خريطة العالم نلاحظ أن الماء يسود بعد خط عرض ٥٠ درجة جنوبا حتى خط عرض ٦٠ درجة جنوبا والأخير خط معروف لأن الماء عنده يحيط بالكرة الأرضية دون وجود يابس يذكر، يمتد منه اليابس فى ثلاثة أذرع كبرى هى المحيط الهادى الممتد حتى مضيق برنج والمحيط الهندى بين إفريقيا وأستراليا والمحيط الأطلنطى بين الأمريكتين فى الغرب وكل من أوروبا و إفريقيا فى الشرق، ويبدو

أن المحيطات تتداخل بين القارات فى شكل أشبه بأذرع متداخلة بعضها فى بعض وتبلغ مساحة المحيط الهادى ١٤٠ مليون كيلو متر مربع ويليه المحيط الأطلنطى بمساحة ٨٤,٥ مليون والمحيط الجنوبى أكثر من ٧٦ مليون والمحيط الهندى ٤٣,٥ مليون.

وبذلك تبلغ مساحة البحار والمحيطات ٣٦١ مليون كيلو متر مربع، أى ما يعادل ٧٠,٨ ٪ من المساحة الكلية لسطح الكرة الأرضية والتى تبلغ ٥١٠ ملايين كيلو متر مربع، بينما يشغل اليابس ١٤٩ مليون بنسبة ٢٩,٢ ٪ من مساحة الكرة الأرضية.

وترتفع نسبة الماء فى نصف الكرة الجنوبية عنها فى نصف الكرة الشمالية ففى النصف الجنوبى تشغل البحار أكثر من ٧٥ ٪ من جملة مساحته، بينما تشغل فى النصف الشمالى أقل من ٦٧ ٪، ويعد النطاق المحصور بين خطى عرض ٤٥ و ٧٥ شمالا النطاق الوحيد الذى يزيد فيه اليابس عن الماء، بينما يسود الماء ما بين خطى عرض ٤٠ و ٦٥ جنوبا بنسبة ٨١ ٪ .

وإذا ما وزعت مياه المحيط الجنوبى على المحيطات الثلاثة سابقة الذكر تصبح مساحتها كالتالى: المحيط الهادى (١٨٠ مليون) كم٢ يليه الأطلنطى بمساحة ١٠٦ كم٢ ثم المحيط الهندى بمساحة ٧٥ مليونا.

أما بالنسبة للحدود بين المحيطات فى الجنوب فنجد أن خط طول ١٤٧ شرقا يمكن اعتباره حداً فاصلاً بين المحيطين الهادى والهندى، وأن خط طول ٢٠ شرقاً حدا فاصلا بين المحيطين الهندى والأطلنطى، وأن خط طول ٦٧ غربا حد فاصل بين المحيطين الأطلنطى والهادى.

أما عن الخصائص العامة للمحيطات الثلاثة فيمكن إيجازها فيما يلى :

المحيط الهادى: مساحته ١٨٠ مليون كيلو متر مربع، فهو يعد بذلك أكبر المحيطات مساحة وأكثرها عمقا حيث يشغل نحو ٥١ ٪ من المساحة الكلية للمحيطات ويبلغ متوسط عمقه حوالى ٣٩٤٠ مترا حيث يوجد به أعمق الخوانق والأخاديد البحرية التى تظهر قرب الأقواس الجزرية فى شرق آسيا مما يدل على أثر التكتونيات فى

نشأتها، ويبلغ طول المحيط من الشمال إلى الجنوب ١٤,٨٠٠ كيلو متر واتساعه على طول خط الاستواء ١٦,٠٠٠ كيلو متر وتبلغ كمية مياهه ١٧٤ مليون ميل مكعب، ويمكنه أن يستوعب القارات كلها داخله، تتميز سواحله بالارتفاع وبالنشاط البركانى والزلزالى حيث الحلقة النارية المعروفة ring of fire.

ويوجد بالمحيط الهادى حوالى ٢٠ ألف جزيرة غير أن مساحتها محدودة باستثناء الجزر القارية القريبة من اليابس مثل جزر اليابان، وتكاد البحار الهامشية المرتبطة بالمحيط الهادى ترتبط بجانبه الغربى حيث يوجد عدد من البحار شبه المغلقة مثل بحر اختسك وبحر اليابان والبحر الأصفر وغيرها، بينما يكاد يخلو الساحل الشرقى من هذه البحار باستثناء خليج كاليفورنيا وهو خليج صدعى يفصل بين شبه جزيرة كاليفورنيا السفلى واليابس الأمريكى والمكسيكى.

المحيط الأطلنطى: تبلغ مساحته ١٠٦ مليون كم٢ وهو أقل عمقا من المحيط الهادى لاتصاله بمجموعة من البحار الضحلة مثل خليج المكسيك والبحر الكاريبى وغيرهما ويبلغ متوسط عمقه ٣٣١٠ أمتار ويعد أطول المحيطات من الشمال إلى الجنوب؛ لأنه مفتوح من هذين الاتجاهين، وعلى هذا فإنه يمتد لمسافة ١٦٠ درجة ويتميز هذا المحيط بكثرة مياه الأنهار التى تصب فيه.

وأهم ما يميز قاعه وجود الحافة الأطلنطية الوسطى التى تمتد من الشمال إلى الجنوب فى شكل حرف S تتسع فى الجنوب متخذة اسم هضبة تلجراف، وإن كانت الأحواض والأخاديد الغارقة به أقل بالمقارنة بالمحيط الهادى أو الهندى، والرصيف القارى واسع الامتداد عكس الرصيف القارى بالمحيط الهادى، وتكثر الجزر القريبة من اليابس مثل جزر بريطانيا وجرينلند فى الشمال ونيوفوندلاند وجزر أزرو وغيرها.

المحيط الهندى: أصغر المحيطات مساحة (٧٥ مليون كيلو متر مربع) وأقلها امتدادا نحو الشمال حيث إن الجزء الأكبر منه موجود فى نصف الكرة الجنوبى، وهو أكثر المحيطات تأثرا باليابس بسبب وجوده بين ثلاث قارات حيث إنه مغلق من الشمال بواسطة كتلة آسيا الضخمة ومغلق من الغرب حتى خط

عرض ٣٥ جنوبا بواسطة قارة إفريقيا ومن الشرق أستراليا، وهو ثانى المحيطات عمقا بعد المحيط الهادى بمتوسط عمق ٣٨٤٠ مترا.

وتوجد بقاعه سلاسل جبلية وأخاديد بحرية منها سلسلة سقطرة شاجوس وغيرها، ومن الأحواض العميقة حوض الهندى وحوض كروزيت وحوض سهل الصومال العميق، وتمتد من المحيط الهندى بحار مثل خليج البنغال والبحر العربى وخليج عمان والبحر الأحمر، وتكثر به الجزر المرجانية مثل جزر المالديف والأكاديف ورينيون، ومن الجزر الكبيرة المساحة جزيرة سيلون وجزيرة مدغشقر وزنجبار وغيرها (راجع بالتفصيل فايد و صبرى محسوب. ١٩٩٢).

ثانيا ـ الجليد فى العالم

يغطى الجليد فى الوقت الحاضر نحو ١٠ ٪ من جملة مساحة سطح الأرض، وقد كانت تغطى فى الزمن الجيولوجى الرابع (البليستوسين) ٢٣ ٪.

ويعد الجليد من أكثر العوامل الجيومورفولوجية تأثيرا فى مناطق العروض العليا وإبراز العديد من أشكال النحت والإرساب الجليدى.

وليست الغطاءات الجليدية ice caps والأودية الجليدية glaciers سوى بقايا لفرشات أو غطاءات جليدية ice sheets كانت تغطى أمريكا الشمالية ممتدة حتى نهر ميسورى وأوهايو فى الجنوب وكانت تغطى أيضا قارة أوروبا حتى وسط ألمانيا وبولندا والجزء الغربى من روسيا، وترجع هذه الغطاءات الجليدية إلى تعرض العروض العليا منذ نحو مليون سنة لبرودة شديدة تزايدت على أثرها المساحات المغطاة بالثلوج، وكذلك تزايد سمك التكوينات الثلجية فى الأقاليم القطبية polar regions، وقد تحولت حقول الثلج الواسعة بشكل تدريجى إلى جليد امتد فوق معظم المناطق المنخفضة وبعض الجبال الممتدة فى عروض أدنى*.

(*) غطى الجليد فى البلستوسين ما يقرب من ٨ مليون ميل^{٢} فى نصف الكرة الشمالى نصف هذه المساحة فى أمريكا الشمالية ونحو ٣ ملايين ميل^{٢} فى أوروبا ممتدا حتى جبال أورال، وغطى مساحات فى نصف الكرة الجنوبى (أنتاركتيكا) وجزر تسمانيا ونيوزيلند وغيرها من الجزر.

وقد أطلق على الفترة التى كانت فيها العروض العليا مغطاة بالجليد بالعصر الجليدى ice age، ومع عودة الدفء أذيب معظم الجليد ولم يتبق سوى الغطاءات الجليدية فى القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) وفى شمال سيبريا، كما تظهر الأودية الجليدية على منحدرات جبال الهمالايا والإنديز وجبال الألب الأوروبية، وجبال الروكى وكسكيد فى أمريكا الشمالية وكل هذه الأشكال الجليدية تشبه تماما ما كان موجودا خلال الفترات البليستوسينية.

وجدير بالذكر أن هناك علم الجلاسيولوجى Glaciology الذى يهتم بدراسة البلورات الجليدية ice crystals فى سحب السمحاق المرتفعة والبرد hail والثلج snow والبحيرات المتجمدة والأودية الجليدية والطبقات المتجمدة من المياه السطحية للمحيطات بالعروض العليا، ومع اهتمام علم الجلاسيولوجى بدراسة الجوانب المتيورولوجية والطبيعية والجيولوجية إلا أن الاهتمام الأكبر له يتمثل فى دراسة العمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بالجليد.

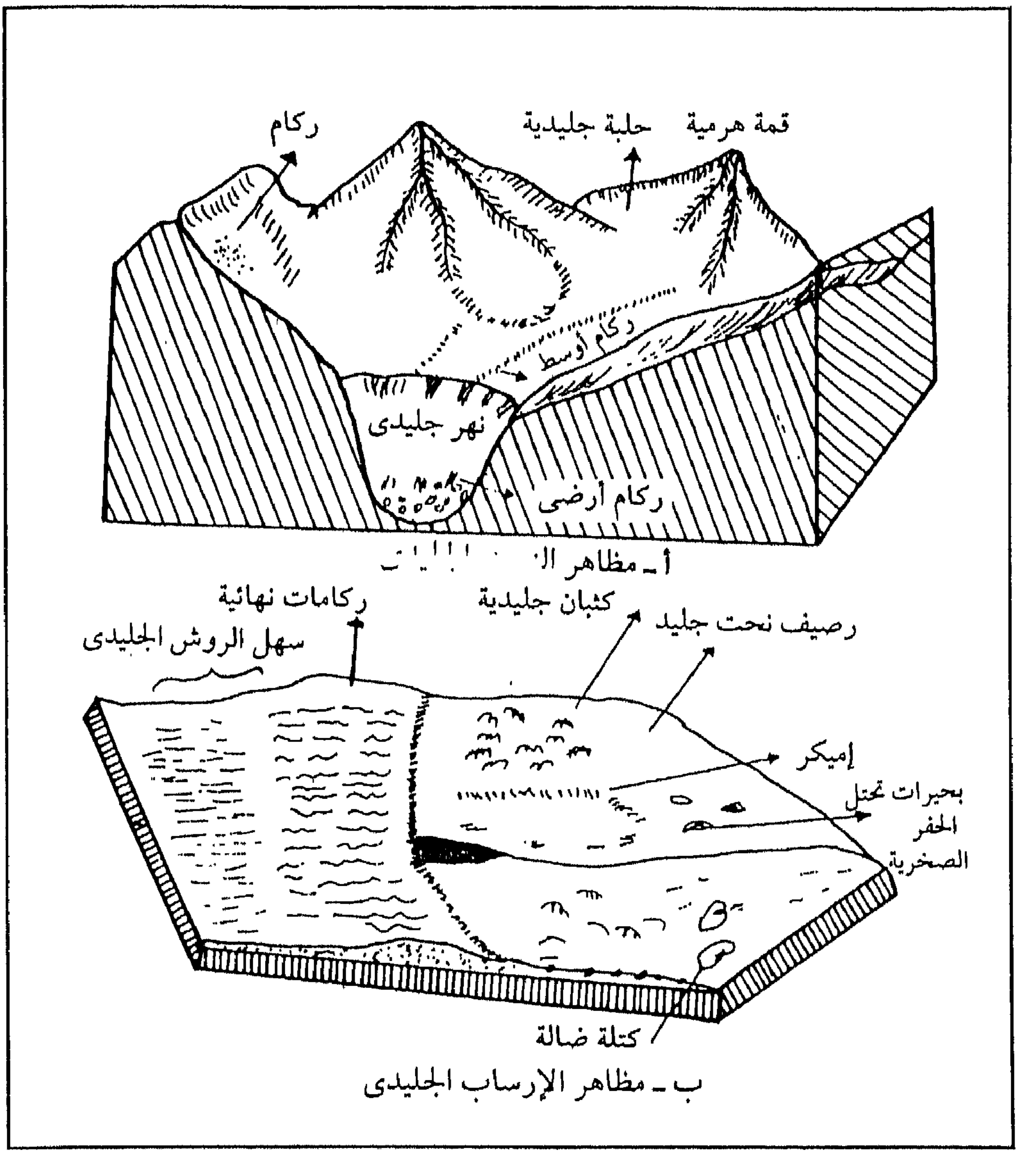
ومع ذوبان الجليد عند نهاية العصر الجليدى تكونت كميات ضخمة من المياه التى تجمع بعضها فى المناطق المنخفضة مكونا بحيرات، وقد تكونت بحيرات فنلندا والبحيرات العظمى بأمريكا الشمالية بهذه الكيفية.

ولكن الجزء الأكبر من المياه انساب فى شكل أنهار اتجهت نحو البحار حاملة كميات ضخمة من الرواسب الركامية أرسبتها فى سهول خارج المناطق التى تعرضت للجليد، وهى سهول واسعة تعرف بسهول الردش الجليدى out wsh plains وتتكون هذه الرواسب من الرمال الخشنة.

التعرية الجليدية والظاهرات الناتجة عنها :

١ ـ ظاهرات النحت الجليدى: تتمثل أهم ظاهرات النحت الجليدى فيما يلى (شكل ٣٤)

(أ) الوادى الجليدى : وهو عبارة عن واد جليدى يتكون فوق قمم الجبال متجها إلى أقدام السفوح ويبدو فى شكل لسان جليدى متخيرا ـ فى العادة ـ مناطق الصدوع أو الأنهار القديمة ويأخذ قطاعه العرضى حرف U، يتحرك ببطء (ما بين ٢,٥ و ١٥٠ سم كل ٢٤ ساعة) وسرعته فى الوسط تفوق السرعة على


ركام
حلبة جليدية
قمة هرمية
ركام أوسط
نهر جليدى
ركام أرضى
ركامات نهائية
كثبان جليدية
رصيف نحت جليد
سهل الروش الجليدى
إميكر
بحيرات تحتل الحفر الصخرية
كتلة ضالة
ب ـ مظاهر الإرساب الجليدى

شكل (٣٢)

الجانبين. ينبع الوادى الجليـدى من أحواض تجمع الجليد neve عند منسوب الجليد الدائم، تنتـهى هذه الأودية بقطاع عرضى مـتسع، ويعـد نهر ألتش أطول الأنـهار الجليدية بطول ١٦ كم ويوجد بجـبال الألب (راجع بالتفصيل صبـرى محسوب، ١٩٨٣ ص ١٦٤).

(ب) **الأودية المعلقـة Hanging valleys** : عبارة عن رافـد جانبى للوادى الجليدى حفر مجراه على منسوب أعلى بحـيث يلتقى بالوادى الجليدى عبر مساقط مائية water falls.

(جـ) **الحلبات الجليدية Cirques والحافات المسننة والقمم الهرمية:** الحلبات الجليدية عبارة عن حفر أولية توجد عند رءوس الأودية الجليدية، عمل الجليد على زيادة تعميقها، وتعد من أكـثر الظاهرات الناتجة عن النحت الجليدى انتشارا وتأخذ أسمـاء محليـة مثل الكار Kar بالألمانيـة والكيدل khedel فى أسكندنافيـا، وتعد الحافـات المسننة والقـمم الهرمـية من الظاهرات المرتبطة بالحلبـات الجليديـة حيث تفصلها عن بعضها.

(د) **الصخور المحززة أو الغنمية Roches moutonnes:** تظهر فى شكل كتل صخرية محـدبة وسط مجرى الوادى الجليدى لم يتمكن النهر الجـليدى من إزالتها وتوقف أثره على تحززها وخاصة فى جانبـها المواجه لمصب الوادى الجليدى، بينما يبدو الجانب المواجه لمنابع النهر أملس قليل الانحدار.

(هـ) **الفيرودات Fiords:** تعـد مصـبـات للأودية الجليـدية ومن ظاهرات النحت الجليدى السابق حيث ينتهى أغلبها فى اتجاه اليابس بمجرى واد جليدى.

٢ ـ ظاهرات الإرسـاب الجـليدى :

تحمل الثلاجات كميات ضخـمة من الرواسب الصخرية (الركامات الجليدية glacial morains) بعضهـا اشتق من قاع النهر الجليدى وتـرسب على قاعه وعلى طول جانبه، والبعض الآخـر تساقط على السفوح الجبلية، تسـمى الركامات التى تمتد على طول جانبى الوادى بالركامـات الجانبية lateral morains وتلك التى تمتد فى نهاية الـوادى بالركامات النهـائية، أمـا الرواسب التى تترسب على قـاع النهر

فتعرف بالركام الأوسط، وذلك فى حالة اتصال الركامات الجانبية بالركامات الأرضية التى رسبها النهر على قاعه.

وإذا ما انصهر الجليد تشكلت رواسب جليدية نهرية حيث تعمل المياه على إعادة تصنيف الرواسب، وأهم هذه الأشكال « الكام » وهى تلال صغيرة فى جوانب الوادى، والإسكرز eskers وتبدو فى شكل حافات طولية ضيقة مكونة من الرمال والحصى تمتد على طول قاع المجرى المائى، والكتل الضالة erratic blocks تبدو فى شكل كتل صخرية وجلاميد boulders تختلف فى خصائصها الصخرية عما حولها مما يدل على أن النهر الجليدى المائى أتى بها من مناطق بعيدة، والكثبان الجليدية تبدو فى شكل تلال طولية مكونة من الرمال والصلصال تمتد محاورها فى موازاة تحرك الجليد الذى كونها فتتراوح أطوالها ما بين بضعة أمتار وكيلو مترين وتتراوح ارتفاعاتها من أقل من متر إلى عشرات الأمتار (شكل ٢٩) .

ثالثا: المياه الجوفية

ليست كل التراكيب الأرضية ملائمة لتخزين المياه فى صخور القشرة الأرضية، وأهم مصادر المياه الجوفية (المياه تحت الأرضية under ground water).

(أ) المطر والثلج والندى وغيرها حيث يترسب جزء منها إلى داخل القشرة الأرضية خلال مسام الصخور وتعرف هذه المياه meteoric water بالمياه الجوفية.

(ب) المياه المتبقية بعد عملية تبلور الصخور المتداخلة، تتميز هذه المياه بارتفاع درجة حرارتها، وقد تختلط بالمياه الجوفية السابقة لتظهر فى شكل ينابيع أو عيون مثلما هو الحال فى الينابيع الحارة بمناطق النشاطات البركانية، وفى مصر تظهر الكثير منها مثل العين السخنة عند الطرف الشمالى لخليج السويس، وبعض عيون الواحات البحرية، وعموما يعد هذا المصدر للمياه الجوفية مصدرا محدودا لا يمثل أكثر من ١٠ ٪ تقريبا من جملة المياه الجوفية.

وعادة ما يطلق على المياه تحت الأرضية سواء كان مصدرها الأمطار ومظاهر التساقط الأخرى أو أبخرة الصهار النارية أو غيرها بالمياه الجوفية، وإن كان هذا المصطلح يطلق على المياه الموجودة عند أعماق بعيدة وخاصة ما يرتبط منها بالنشاط البركانى.

العوامل المتحكمة فى المياه تحت الأرضية :

تتحكم فى وجود وحركة المياه تحت الأرضية عوامل عديدة تتمثل فى الميل العام للطبقات الصخرية الحاوية للمياه والصور التركيبية المختلفة مثل الصدوع الفواصل والقواطع الرأسية والأفقية ومسامية الصخر وقدرتها على إمرار الماء perviousity.

ويقصد **بمسامية الصخر** porosity : النسبة بين حجم الفراغات إلى الحجم الكلى للصخر (نسبة مئوية) مثال ـ لو أن لترا واحدا من الرواسب يحتوى على ٠,٣ لتر من الماء عند تشبعه فإن مساميته فى هذه الحالة تساوى ٣٠ ٪.

والمسامية تختلف من صخر إلى آخر فهى أقل من ١ ٪ فى الجرانيت الخالى من الشقوق وأكثر من ٤٠ ٪ فى الحجر الرملى و ٥٠ ٪ فى الطين والطباشير وتتراوح ما بين ٥ : ٢٠ ٪ فى الحجر الجيرى*.

أما النفاذية permeability: فيقصد بها قياس قدرة الصخر أو التربة على إمرار المياه بين حبيباتها سواء كانت مسامية أو غير مسامية، فعلى سبيل المثال نجد أن الطين صخر مسامى ولكنه فى الوقت نفسه غير منفذ للماء بسبب دقة حبيباته وشدة تماسكها، وصخر الخفاف pumice عالى المسامية ولكن منخفض للغاية فى درجة نفاذيته وذلك لأن مسامه غير متصلة ببعضها، ويعد الزلط والرمال والحجر الرملى من الصخور عالية المسامية وعالية النفاذية أيضاً.

وعموما فإن النفاذية التى تتميز بها بعض الصخور تعد من أكثر العوامل التى تؤثر فى حركة المياه الأرضية والتى بدورها تتأثر باختلاف معدل النفاذية للصخور المختلفة، ويمكن حساب هذا المعدل من خلال طرح كل من معدل البخر ومعدل الجريان السطحى من معدل التساقط (يراجع بالتفصيل صبرى محسوب، ودياب راضى، ١٩٨٥، ص ص ١٣٦ ـ ١٣٧).

(*) تعتمد المسامية على شكل وترتيب جزيئات الصخر ودرجة تصنيفها وملامحها وتماسكها عند ترسيبها.

منسوب الماء الجوفي Underground - Water - table

هو الحد الأعلى للمياه تحت الأرضية، يتميز بتعرجه متمشيا فى ذلك مع الشكل العام للتضاريس، حيث يختلف عمقه من منطقة إلى أخرى فهو يرتفع تحت التلال عنه تحت أو قرب الأودية، وذلك فى الأقاليم التلية ذات الأمطار المتوسطة حيث يصل عمقه إلى بضعة أمتار تحت السطح، بينما فى الأقاليم الجافة ينخفض منسوبه كثيرا، كذلك نجده ملاصقاً للسطح قرب الأودية دائمة الجريان، ويصل فى المناطق الشاطئية إلى منسوب سطح البحر.

وقد يحدث أن يتقاطع هذا المنسوب مع سطح الأرض فى المناطق المتباينة فى تضاريسها مما يؤدى إلى ظهور المستنقعات فى المنخفضات الطبيعية، مثلما هو الحال فى منخفضى وادى النطرون والقطارة حيث تظهر مستنقعات أو برك بحيرية، وفى المناطق الرطبة نجد أنه ينطبق تقريبا مع مستوى الجريان السطحى ومع ذلك نجد أن نشع المياه تحت الأرضية، بالإضافة إلى الجريان السطحى يؤدى إلى استمرار الأسطح المائية على مدار السنة.

حركة المياه الجوفية وتقدير سرعتها :

يطلق على المياه عندما تتحرك ببطء خلال النطاق المشبع بالمياه بالتخلل* per-colation والذى يعتمد أساسا على درجة الميل الهيدروليكى، ويتأثر اتجاه المياه بالعمق ودرجة نفاذية الصخور، بالإضافة إلى ميل الطبقات الرسوبية، ويؤدى اختلاف درجة الضغط الهيدروليكى على الماء الجوفى إلى تحركه خلال الممرات وذلك من مناطق الضغط الأعلى أسفل التلال إلى مناطق الضغط الأقل تحت الأودية.

وبالنسبة لسرعة المياه الجوفية فإنها تتوقف على عدة عوامل يتمثل أهمها فى حجم الحبيبات ومقدار النفاذية والضغط الهيدروليكى واختلافه من منطقة إلى أخرى واختلاف درجة حرارة الماء والتى تؤثر بدورها على درجة اللزوجة viscosity.

(*) أما الرشح فيطلق على نفاذ الماء إلى داخل التربة من السطح وتتحكم فيه كمية المياه الساقطة.

تداخل الماء المالح :

عندما يلتـقى منسوب المياه تحت الأرضـية بشاطئ بحـر أو بحيرة فـإن المياه العذبة تأخذ شكلا عدسيا ضخما فوق المياه المالحـة الأكثر كثافة، وكثيرا ما يحدث اختلاط بينهـما، وتبدو العدسـة المائية فى منطقة الالتقـاء صافية فـوق المياه المالحة حيث تدفعها الأخيرة إلى أعلى.

وتؤثر حركات المد والجزر على منسوب المياه الجوفية قرب الشواطئ حيث إن منسوب مياه الآبار السـاحلية عادة ما يتمشى مع مسـتوى ماء المد أو أقل منه قليلا ولذلك فمعظم مياه الآبار الساحلية تحتوى على أملاح الصوديوم والمغنسيوم وغيرها من الأملاح.

بعض العمليات الجيومورفية المرتبطة بالمياه الجوفية وما يرتبط بها من ظاهرات

(١) عملية تكوين القشور الملحية على الأسطح الصخرية:

ينتج عن رفع الماء إلى السطح (عند دخـوله نطاق قدرة الخاصية الـشعْرية) حاملا معه الأملاح الذائبة وعندما تتبخر المياه تترك الأملاح فى شكل قشور ملحية بيضاء أو بنية اللون.

(٢) عمليات الإذابة فى الصخور الجيرية (العمليات الكارستية):

من المعروف أن الحـجر الجيرى صـخر كلسى يذوب مع المياه الأرضـية التى تحتوى على حـمض الكربونـيك، وينتج عن هذه الإذابة عـدد من الأشكال التى يطلق عليها ظاهرات كارستية نسبة إلى إقليم كارست فى كرواتيا، وتوجد مثل هذه الظاهرات فى العـديد من المناطق فى العـالم مثل شـبـه جزيرة فلوريدا ويوكـاتان وجاميكا وغيرها.

ومع اخـتفاء المـياه السطحـية تظهـر أشكال سطح الأرض الكارستـية مـثل القشعات sink holes التى تنتج عن التحلل الكيماوى وتبـدو فى شكل منخفضات فى الحـجـر الجيـرى وبعض هذه الحـفـر ذات جوانـب شديدة الانحـدار تعـرف بالدولنياس dolinas.

وينتج عن المياه الجوفية كذلك فى المناطق الجيرية تكهفات داخلية وتكون ممرات باطنية فى الأرض وتظهر الكهوف الكارستية فى مناطق كثيرة فى العالم مثل كهفماموث فى ولاية كنتاكى الأمريكية وغيرها الكثير، وتظهر داخل هذه الكهوف ظاهرات الإرساب الكارستية مثل النوازل والصواعد وهى أعمدة جيرية نتجت عن ترسيب الكربونات بعد تبخر المياه التى تنساب داخل الكهوف (يراجع بالتفصيل. صبرى محسوب ودياب رياض، ١٩٨٥، ص ١٥٠).

وأحيانا ما تتصل ببعضها البعض مكونة عمودا واحدا يسمى بالعمود الجيرى، كذلك قد توجد أعمدة تنمو فى وضع أفقى أو فى وضع مائل والأخيرة تسمى بالهاليستايت halictite.

ومن أشهر الكهوف الكارستية كهف كارلسباد فى مدينة نيومكسيكو ويبلغ طوله ٤٠٠٠ قدم وعرضه ٦٠٠ قدم، بينما يبلغ ارتفاعه نحو نصف عرضه وتظهر بداخله العديد من ملامح التعرية الكارستية.

كما تعد عيون الأفلاج بالمملكة العربية السعودية أمثلة واضحة على أثر عمليات الإذابة الكارستية فى تشكيل سطح الأرض فى المناطق الجيرية. وتظهر كذلك العديد من المنخفضات والدحول الكارستية فى هضبة نجد مثل دحل الهيت قرب مدينة الرياض.

الفصل السادس

الغلاف الحيوى

(البيوسفير)

Biosphere

يتمثل هذا الغلاف فى الجزء الأرضى الذى يشتـمل على صور الحياة المختلفة التى ترتبط بدورها بعمليتين أساسيتين للحياة، هما التمثيل الضوئى، والتنفس res-piration، هاتان العمليـتان تتضمنان استـمرارية ثلاثة عناصر كيـماوية هامة (هى الأيـدروجين والأكسـجين والكربـون) فـى حـالتها الصلبـة أو السائلة أو الغازية gaseous.

الحالة السـائلة توجـد بالطبع فى الهيـدروسفـير أو الغلاف المائـى، والحالة الصلبة فى الغـلاف الصخرى، والحالة الغازيـة فى الغـلاف الجـوى، ومن ثم فإن الغـلاف الحيوى يوجد فى ملتقى الأطر (أو الأغلفة) الثلاثة سابقة الذكر، شاغلا نطاقا رأسيا ضـيقا نسبيا من نحـو ٧٠٠٠ متر فوق مستوى سطـح البحر إلى نحو ٦٠٠٠ متر تحته، ويعد الإنسان الكائن الطبيعى الرئيسى الذى يستفيد بأكبر نصيب من مكونات هذا الغلاف بالمقارنة بالأحياء الأخرى، ويعد اعتماده اللا محدود على الغلاف الحيـوى، وكذلك تأثيره فيـه من الموضوعات الهامة التى تهـتم بها العلوم المختلفة بما فيها الجغرافيا الطبيعية والبشرية.

أما بالنسبة للجغرافيا الحيوية Biogeography فإنها تهتم أساسا بدراسة أنماط توزيع الأحياء مكانيـا وزمنيا والعوامل البيئيـة التى تؤثر فى هذا التوزيع، ومن ثم فإن على الجغرافيا الحيوية أن تستـفيد من عدد من العلوم الأخرى التى تهتم بالبيئة مثل الجـيولوجيا والطبـيعة والمناخ وعلم الحـفريات Palaeontology والفسيولوجيا وعلم البيئة الحيوية (الإيكولوجيا).

والجدير بالذكر أن صور الحيـاة على سطح الأرض تتميز بتعقيداتهـا الطبيعية والكيماوية حيث تعـيش فى أشكال وأنواع معقدة يصعب حصرها حـصرا كاملا، فالنبـاتات الخضـراء والفطريات تبلغ نحـو ٣٠٠,٠٠٠ نوع كما يبلـغ عدد أنواع الحيوانات المختلفة التى استطاع علمـاء الأحياء حصرها نحو ١,٣٠٠,٠٠٠ نوع، علمـا بأن هذه الأعداد السـابقة لا تشـتمل على البكتـريا أو الخمـائر التى تتكون بدورها من آلاف الأنواع، ومـازالت هناك حتى الآن أنواع مـختلفـة من الأحـياء النباتية والحيوانية لم تعرف بعد.

وكل نوع من هذه الأشكال الحيوية لا يتوزع بشكل عشوائى على سطح الأرض حيث إن كل نوع منها يشغل مساحة محددة منه ويختلف حجمها من نوع إلى آخر، وبعض هذه الأنواع نادرة للغاية قد تظهر فى منطقة أو منطقتين على الأكثر، والبعض الآخر يوجد بشكل شائع فى كل مكان تقريبا.

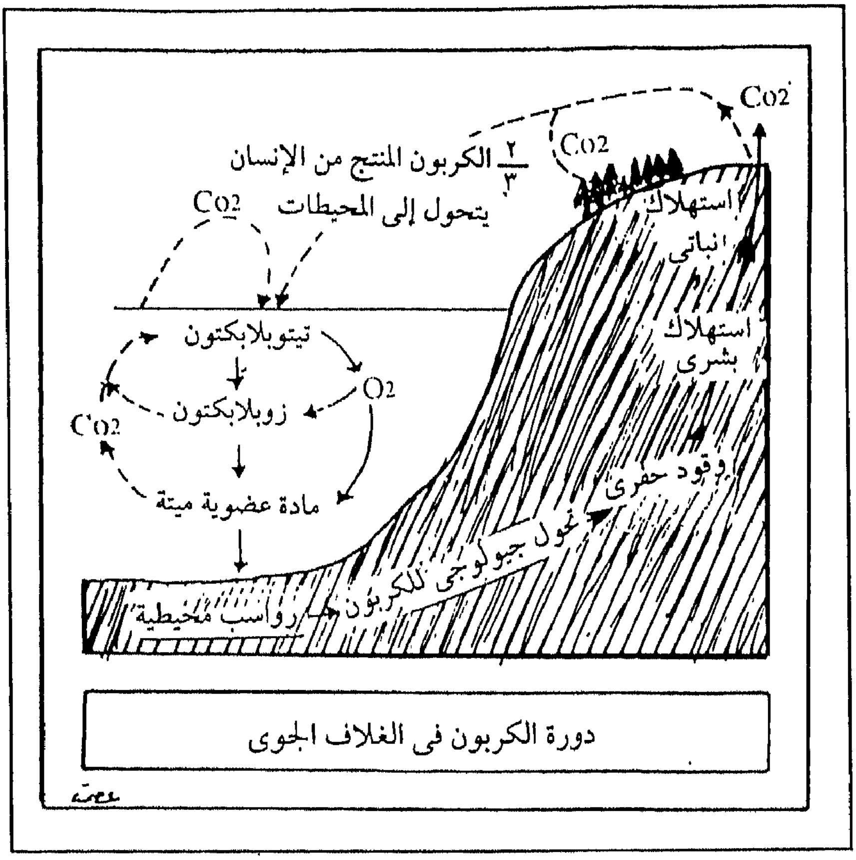
ويعد الإنسان أكثر الأنواع انتشارا حيث يمكنه أن يعيش فى بيئات مختلفة باستثناء المناطق المتجمدة والمناطق شديدة الجفاف.

ولكى نفهم جيدا العنصرين الرئيسيين للنظم البيئية الطبيعية، وهما التربة والنبات الطبيعى (المحور الرئيسى للجغرافيا الحيوية). يجب أن نعطى إشارات سريعة لدورات العناصر الرئيسية للحياة على سطح الأرض (الكربون والأيدروجين - والأكسوجين) يلى ذلك إيجاز لمفهوم النظم بالبيئة الايكولوجية من جهة النظر الجغرافية.

١ - (دورات الكربون والماء والأكسوجين).

(أ) دورة الكربون: يظهر الكربون فى ثلاثة أشكال رئيسية يتمثل فى حالته الغازية كثانى أكسيد الكربون، حيث يوجد بهذه الحالة مختزنا فى الغلاف الغازى ومياه المحيطات، ويستخدم فى عملية التمثيل الضوئى بواسطة الأحياء ذاتية التغذية، ويختزن كذلك فى كل أنواع النباتات ويعد مصدرا رئيسيا لإمدادها بالطاقة وكذلك يوجد فى شكل كربونات مختزنة فى رواسب المحيطات والبحيرات. (شكل ٣٥).

ويتم تثبيت ثانى أكسيد الكربون فى المحيطات من خلال البلانكتون الطافية والتى لها القدرة على امتصاص الضوء فى عملية التمثيل الضوئى، وتحصل على ثانى أكسيد الكربون من مياه المحيط الغنية به، وعندما تموت هذه الأحياء الدقيقة تغوص فى الأعماق لتتغذى عليها أحياء مجهرية تشبه البلانكتون تحصل على الأكسوجين الناتج من البلانكتون من أجل تنفسها، وناتج هذه العملية كلها يتمثل فى ثانى أكسيد الكربون الذى يتحلل فى الماء ليصبح متاحا لعملية التمثيل الضوئى للفيتوبلانكتون، وهكذا تستمر دورته فى المحيط، وعادة ما يحدث تبادل لهذين



(شكل ٣٤)

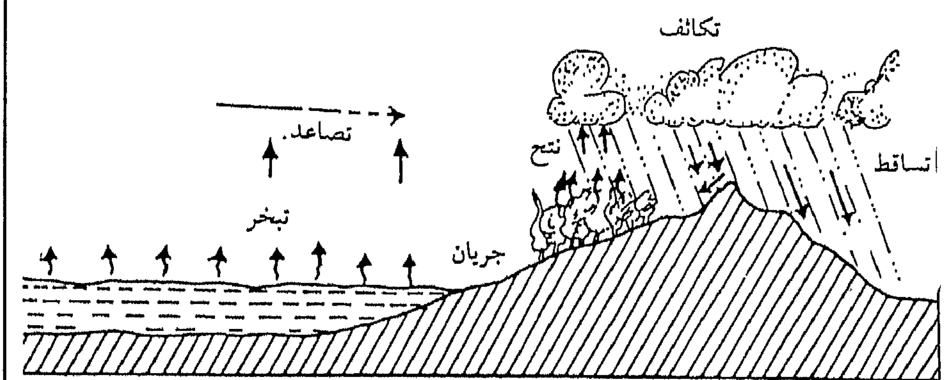
العنصرين اليابس والمحيط وذلـك من خلال تبادل ثانى أكسيـد الكربون بين المحيط والغلاف الغازى وخاصة أثناء حدوث الأمواج.

وتبلغ نسبة ما يضاف إلى الغلاف الغازى من ثانى أكسيد الكربون جزءين فى المليون كل سنة، وقد كـانت النسبة فى الغلاف الغـازى أواخر القرن الماضى ٢٩٠ جزءا فى المليون، وأصبحت فى الوقت الحـاضر ٣٣٠ جزء / مليون بسبب النشاط الصناعى المتزايد واحتـراق كميات ضخمة من الوقـود للأغراض المختلفة، ويُرجع بعض علماء المـناخ ظاهرة ارتفاع درجة الحـرارة إلى زيادة نسبـة غاز ثانى أكسـيد الكربون فى الجو إلى ١٢ ٪ (نسبة الزيادة المئوية بين الرقمين السابقين).

(ب) **الدورة المائية:** تتميز المياه بالعديد من الخصائص ذات الأهمية البالغة بالنسبة لأشكال الحياة على سطح الأرض. منها أنها تتجمد ثم تتمدد أى أنها تشغل حيزا أكبر عند نفس الوزن، والجليد أقل كثافة من الماء، ومن ثم يطفو على سطح الماء، وهذه الخاصية ذات أهمية كبيرة فى الأجزاء المائية منه فى الغلاف الجوى. فلو أن الجليد يغوص عند القاع فإنه سرعان ما يتراكم رأسيا باتجاه السطح.

كذلك فإن المياه تنقل الحرارة بكفاءة عالية فى الغلاف الغازى والمحيطات، إلى جانب أنها عامل إذابة جيد للمواد الصخرية، وتقوم أيضا بنقل المواد الغذائية خلال التربة مع قدرتها على تحويلها إلى مواد مخصبة للنبات تعمل على استمرار نموه، والتى بدون هذه المواد الغذائية التى تمتص عن طريق الجذور لاتتم عملية التمثيل الضوئى ذاتها.

وبسبب أهمية المياه فقد درست الدورة المائية أو الهيدروغرافية منذ فترات قديمة، وقد أشير إليها فى الفصل الأول فى هذا الكتاب (شكل ٣١).



العمليات الرئيسية فى الدورة الهيدرولوجية

(شكل ٣٥)

(جـ) **دورة الأكسوجين:** ينتج عن عملية التمثيل الضوئى، وتتميز دورته بتعقدها الشديد وذلك؛ لأنه يتفاعل سريعا مع أغلب العناصر الكيماوية إلى جانب ارتباطه بدورات كل من الكربون والماء.

وعموما فالأكسوجين عنده القدرة على التكون فى الغلاف الغازى منذ ملايين السنين ويمثل نحو ٢١ ٪ من جملة الغازات المكونة له، ويستحيل مهما حدث على سطح الأرض من آثار سلبية أن تقل هذه النسبة، حيث يرى البعض أنه لا يمكن إن تقل نسبة الأوكسجين فى الغلاف الغازى إلى الحد الحرج إلا فى حالة حرق كل مكونات الكربون الموجودة بالغلاف الصخرى وهذا أمر مستحيل بالطبع.

(٢) النظم البيئية (الأيكولوجية) Ecosystems :

من المعروف أن البيئة الطبيعية تشتمل على مركب من الأنواع species أو مجموعات من الأحياء المتفاعلة مع بعضها البعض، فالأحياء بمعنى آخر لا تعيش فى عزلة isolation ولكنها تعيش فى تكامل وترابط مع بعضها البعض association.

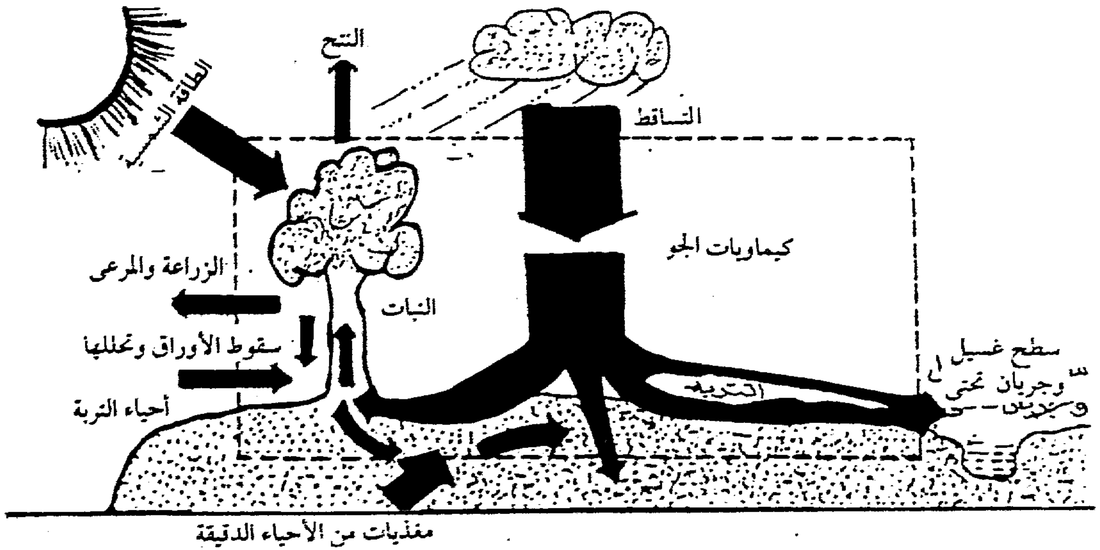
إن النظام البيئى تنظيم مساحى لمجموعة من الأحياء النباتية والحيوانية والأحياء الدقيقة والمواد الأخرى، والطاقة التى تتفاعل مع بعضها البعض بجانب تفاعلها مع بيئتها المحيطة من خلال حدود نظامها البيئى الذى تعيش فى كنفه (شكل ٣٧).

ويمكن لأى نظام بيئى (إيكولوجى) an ecosystem أن يوجد فى أى وحدة مساحية مهما كانت كبيرة أو صغيرة، فالعالم ككل يمكن اعتباره نظاما بيئيا (Knapp. B. etal, 1989, P 216) ويمكن فى نفس الوقت اعتبار غابة صغيرة المساحة نظاما بيئيا متكاملا (إيكولوجى). وتتفاعل عناصر النظام البيئى* وترتبط ببعضها البعض من خلال انتقال الطاقة والغذاء nutrients أو الأيونات.

ويتكون النظام الايكولوجى من:

أ ـ المجموعة غير الحية (التربة وماء المطر).

(*) احياء ونباتات وتربة وغيرها.



نظام التربة / النبات «يبين العلاقة القوية بينه وبين الدورة المائية»

(شكل ٣٦)

ب ـ النباتات الخضراء.

جـ ـ الحيوانات التى تتغذى مباشرة على النبات (أكلة العشب herbivores) أو التى تتغذى بطريق غير مباشر (أكلة اللحوم carnivores).

د ـ الأحياء الدقيقة decomposers مثل البكتريا ودودة الأرض وغيرها والتى تحول الأنسجة الميتة إلى مركبات مذابة من خلال عمليات التحلل المعدنى (تفتيت الأنسجة عن طريق الأحياء الدقيقة وتحويلها إلى أحماض قابلة للإذابة) ومن خلال تكون الدوبال humification (يتكون الدوبال من بعض الأحماض والأيونات).

ويحصل النظام البيئى ـ كما نعرف ـ على الطاقة من الإشعاع الشمسى التى تخرج منه فى شكل حرارة، أما الغذاء فيحصل عليه من تجوية التربة ونسبة قليلة من هذا الغذاء يفقد عن طريق الغسل، ومع ذلك فإن النظم البيئية نشطة جدا فى الاحتفاظ بالمواد الغذائية المتاحة، حيث إن إعادة دورة الغذاء هى أساس ثبات واستقرار النظام البيئى الإيكولوجى.

ضوابط النظام البيئى الإيكولوجى: توجد مجموعتان من العوامل التى تحدد مكونات النظام البيئى الإيكولوجى.

(أ) الضوابط البيئية Environmental controls :

كل الأنواع على سطح الأرض لها ظروفها البيئية الملائمة لها (مثل الضوء ـ الرطوبة ـ درجة الحرارة، وغير ذلك). والأنواع الأحيائية يمكن أن تنمو فى مثل هذه الظروف ولكن عليها أن تتحمل الظروف غير المواتية لنموها، فعلى سبيل المثال بعض المحاصيل المدارية قد تنمو فى مصر مثل البن أو الشاى ولكنها لن تنتشر فى مصر كغيرها من محاصيل أخرى، وسوف يقتصر وجودها على مواضع محدودة مثل منطقة أسوان أو المناطق الحارة فى الجنوب.

(ب) الضوابط التنافسية Competitive controls :

لا تتكون النظم البيئية من نوع واحد من النبات أو الحيوان أو غيرها حيث إن النوع الواحد لا يمكنه الاستفادة الكاملة بمفرده من الطاقة والغذاء المتاحة داخل النظام البيئى وذلك لأن مكونات النظام البيئى تعتمد أساسا على عاملين:

- عدد الأنواع التى يمكن أن تعيش فى بيئة محددة.

- قدرة الأنواع على التنافس مع بعضها البعض من أجل الطاقة والغذاء.

الشكل والتنوع فى النظام البيئى :

يشير شكل الأنواع فى النظام إلى حجمها وتنظيمها وشكل أوراق النباتات ونمط تزهيرها، وخصائص جذورها وهكذا، أما التنوع diversity فإنه يختلف من نظام بيئى إلى آخر، فمراعى الحشائش تحتوى فقط على تلك الأنواع species القادرة على تحمل ضغوط بيئية بدرجة أكبر منها فى بيئات الغابات مثلا (Knapp.) .(B,etal, 1989, P 22

٣ ـ التربة والنبات الطبيعى

تمثل التربة والنبات الطبيعى العنصرين الرئيسيين للنظم البيئية الطبيعية ويمثلان مع بعضهما المحور الرئيسى للجغرافيا الحيوية التى تهتم بدورها بتوزيع الأحياء مكانيا وتطورها زمانيا، (راجع الشكل ٣٧).

أولا: التربة Soil*

تتكون التربة من جزيئات صخرية غير عضوية inorganic اشتقت من عمليات التجوية والنحت، ومن مواد عضوية organic اشتقت من تحلل النباتات، وتعد التربة ذات أهمية للمجموع الجذرى للنبات وتعمل بالتالى على تثبيته، إلى جانب أن التربة تختزن المياه بحيث يمكن للنبات الحصول عليها بسهولة، وتختزن أيضا المعادن المغذية للأنواع النباتية المختلفة mineral nutrients وذلك فى شكل دوبال طينى مركب clay humus وفى شكل محلول مائى.

تحتل التربة القطاع الأعلى من السطح الصخرى regolith، وتعد التجوية الكيماوية ذات أهمية فى تطور التربة حيث تنتج عنها مواد هامة لتغذية النبات مثل المغنسيوم والبوتاسيوم والكالسيوم وقليل من الكبريت والنحاس، والأخير ذو أهمية فى عمليات التمثيل الضوئى للنبات.

وتعد الأوراق الساقطة من الأشجار مواد غذائية عضوية هامة بعد أن تتحلل حيث تحتوى النباتات المتحللة على نتروجين ومغنسيوم وأكسوجين وكربون وهيدروجين.

(*) اشتقت من الكلمة اللاتينية solum وتعنى مواد أرضية سائبة تنمو بها النباتات.

(١) **تطور التربة***: تنقسم العوامل التى تؤثر على تطور التربة إلى قسمين رئيسيين كالآتى:

(أ) **عوامل نشطة** Active - Factors: ويقصد بها العوامل التى تؤثر فى عمليات التجوية الميكانيكية للتربة وتحللها وهى المناخ والأحياء الموجودة بالتربة.

يعد المناخ من العوامل الرئيسية من خلال التساقط والتبخر- نتح فعندما يزيد معدل المطر عن طاقة التبخر - نتح فإن الماء الفائض يتسرب إلى أسفل التربة وفى حالة تفوق التبخر على المطر تصعد المياه إلى أعلى حاملة معها المواد المخصبة والمتحللة لتتراكم قرب السطح.

أما بالنسبة للحرارة كعنصر مناخى مؤثر فى التربة فإنها ذات علاقة قوية بعملية التبخر - نتح، وإن كان العديد من جوانب العلاقة بين رطوبة التربة والحرارة غير مفهومة بالقدر الكافى. فعلى سبيل المثال نجد أن السليكات فى التربة المدارية الرطبة تتحرك إلى أسفل بالإذابة فيما يعرف بغسل التربة من السيليكا Decilica-tion تاركة الحديد قرب السطح أو فوقه، لذلك تميل التربة المدارية إلى اللون الأصفر أو الأحمر بحيث تعكس محتواها من أكاسيد الحديد.

وفى تربة المناطق المعتدلة يتحرك الحديد إلى أسفل تاركا السيلكا قرب السطح، وتعد تربة البدزول Podsols مثالا واضحا لذلك حيث تتميز باللون الرمادى، ومازال حتى الآن السؤال المطروح: لماذا يختفى الحديد فى المناطق المعتدلة والسيلكا فى العروض المدارية مرتبطة فى ذلك بالحرارة المرتفعة والرطوبة الزائدة؟ .(Wilcock, D, 1983, P177)

ومن العوامل النشطة الأخرى المؤثرة فى التربة الأحياء حيث تقوم الفطريات fungi والبكتريا وغيرها من الأحياء المجهرية بتحليل المادة العضوية الميتة، وأكثر الأحياء أهمية فى ذلك دودة الأرض earth - worm** التى تقوم بتحلل المواد العضوية والمواد غير العضوية وتعمل على تقليب التربة بعد تفتيت موادها، كذلك تعمل على حفر ممرات دقيقة أثناء تحركها فى التربة تسمح للهواء والماء بالمرور فى

(**) يقدر عدد هذه الديدان فى غابات روسيا بنحو ٢,٩ مليون دودة فى الهكتار تقل فى أراضى القمح إلى ٨٨٠ الف دودة للهكتار.

التربة بسهولة، ومن المعروف أن التربة التى يتخللها الهواء بحرية تتميز بالدفء والعكس فى التربة التى لا يتمكن الهواء من التغلغل فيها حيث تميل إلى البرودة وهذا الأمر هام فى العروض العليا والباردة.

(ب) العوامل الإيجابية الأخرى المؤثرة فى تطور التربة :

تتمثل هذه العوامل فى المواد الصخرية الأساسية وعامل الزمن والطوبوغرافيا ولكنها تقوم بتأثيرها على التربة بشكل متكامل فيما بينهما.

ففى المراحل الأولى لتطور التربة نجد أن المواد الصخرية الأساسية هى التى تحدد طبيعة عملية التحلل للعناصر الكيماوية التى تحتويها، ولكن عندما يتم نضج النظام البيئى للتربة والنبات فإن استمرارية وتكرار الدورة الغذائية recycling of nu-trients بين النبات والتربة تجعل المدخلات inputs من التجوية غير ذات أهمية كبيرة، بمعنى آخر أقل أهمية من المرحلة السابقة لنضج التربة، ويلعب الزمن دوره كعامل هام من خلال استمرار ما تقوم به العوامل المناخية فى تطور التربة من تحرك مائى خلال مساماتها أو تحلل لعناصرها، وذلك خلال فترة زمنية طويلة، وعموما فإن التربة فى أى منطقة تعكس بشكل كبير طبيعة الظروف المناخية السائدة بها وذلك أكثر من كونها انعكاسا للتباين الصخرى السائد.

وتعد الطوبوغرافيا عاملا إيجابيا موثرا حيث تتحرك التربة بالزحف أو الانزلاق على السفوح مع اتجاه الانحدار بفعل الجاذبية الأرضية للتراكم عند حضيض السفوح down slope.

وهناك علاقة بين سمك قطاع التربة ودرجة انحدار السفوح حيث يقل سمكها مع شدة الانحدار، وتتميز فى نفس الوقت بعدم نضجها على العكس من السفوح قليلة الانحدار حيث تتميز ترتبها بسمكها الكبير ونضجها الواضح.

وعندما تتراكم التربة عند أقدام السفح بسمك كبير يطلق عليها التربة الفضية تشبه فى ذلك تربة السهول الفضية بالأنهار.

وفى تربة السهول الفيضية عادة ما تكون المياه تحت الأرضية subterranean water قريبة من السطح وربما تصل إليه، ويؤدى ذلك إلى إخراجها للهواء من

مسامات التربة بشكل أكبر من الوضع فى تربة السفوح العليا، وينتج من خروج الهواء بهذا الشكل بطء شديد فى عمليات التحلل، وإذا تكرر الفيضان بشكل مستمر فإن المواد العضوية بالتربة لا تتحلل تحللا كاملا، وينتج عن ذلك تكون التربة فى شكل خث* peats غير ناضج، وكثيرا ما توجد أنواع من هذه التربة فى المناطق سيئة الصرف مثل تربة الـ gleys فى المناطق التى يزيد فيها معدل التساقط على طاقة التبخر - النتج.

(٢) بعض الخصائص الهامة للتربة :

تختلف أى تربة عن تربة أخرى فى عدة خصائص يمكن إيجازها فيما يلى:

(أ) نسيج التربة Texture :

يقصد به قوام التربة الذى يشير إلى توزيع حجم الحبيبات المعدنية (غير العضوية) فى التربة، وتتراوح أحجامها ما بين الحصى الذى يتراوح قطره ما بين ٢ و ٧٥ ملم وحتى الطين الغروى أقل من ٠,٠٠٢، من المليمتر، ويتوقف قوام التربة على النسبة المئوية لكل فئة من فئات الحجم بها والتى ترتبط بها الخواص الطبيعية للتربة كالرشح ودرجة الاحتفاظ بالماء وسرعة التهوية وغير ذلك.

(ب) بنية أو تركيب التربة Structure :

تطلق على شكل تجمع حبيبات التربة الصغيرة فى تجمع حبيبى مركب وفى ترتيب هندسى معين يحتوى على مسافات أو فراغات بين حبيباته ذات الأحجام المختلفة، هذا وتتوقف قدرة التربة فى تكون بنائها على مقدار الغرويات اللاحمة بها سواء كانت عضوية أو معدنية مثل الدوبال الغروى، وتسمى التجمعات الحبيبية المركبة، ويمكن تصنيفها حسب شكلها، بعضها طولى يبدو فى شكل أعمدة بارتفاع ١٠ سم ذات قمة مستوية، وبعضها مفلطح (رقيقة المستوى) وبعضها كتلى فى مظهره.

وتؤثر البنية أو تركيب التربة على درجة تسرب المياه بها وسهولة أو صعوبة حرث التربة، وأفضل أنواع التربة للزراعة المفتتة التى تتراوح أحجام حبيباتها

(*) يقصد به النباتات ومخلفاتها العضوية فى حالة تحلل جزئى بالتربة.

ما بين ١ ملم إلى ٥ ملم حيث تعمل على الاحتفاظ بالمياه ودخول الهواء (الأكسوجين) بينما فى حالة التربة الخشنة التى لا تحتفظ بسهولة بمياهها فإنها تفقد الكثير من العناصر الغذائية بها من خلال إذابتها وتسربها مع المياه.

(جـ) قطاعات التربة :

تنقسم إلى ثلاثة آفاق horizones رئيسية هى من أعلى إلى أسفل :

ـ أفق أ : وهو الطبقة السطحية من قطاع التربة، وينقسم بدوره إلى ثلاثة أقسام، ويعد هذا الأفق مع الأفق ب التربة الرئيسية حيث يوجد بهما المواد المعدنية والمواد العضوية المتحللة، ويتميز الأفق أ بأنه الجزء من التربة الذى يتعرض لعمليات الغسيل leaching التى يتم خلالها تسرب المواد والعناصر الكيماوية إلى أسفل مع المياه المتسربة.

ـ أفق ب : يقع أسفل أفق أ مباشرة ويختلف عنه فى اللون والبناء والتماسك.

ـ أفق جـ : وهو الطبقة التى تلى أفق ب وتكون عبارة عن المادة الأصلية للتربة التى افترض أنها لم تتأثر بعد بعوامل التكوين والتجوية، ويعد حدها العلوى منطقة انتقالية من الحالة الأصلية إلى الحالة المفتتة.

وعادة ما يوجد تقسيم عام للتربة إلى تربة أصلية أو تربة حقيقية soulm وتشتمل على الأفق أ و ب وتربة سطحية متمثلة فى الأفق أ ثم تربة تحت سطحية subsoil. وغالبا ما تضم أفق ب ثم طبقة ما تحت التربة substratum وهذه تكون من المواد الصخرية الأصلية وتقع أسفل التربة الحقيقية.

(د) اللون :

يعتبر اللون من الخصائص المميزة للتربة بأنواعها المختلفة والتى تعكس محتواها من كل المعادن والمواد العضوية، غالبا تحتوى التربة الداكنة على نسبة مرتفعة من المادة العضوية، ولكن التربة رمادية اللون gray soil قد تقل المواد العضوية بها أو يقل أكسيد الحديد.

وقد تكون كل آفاق التربة متساوية فى درجة اللون أو مختلفة عن بعضها، هذا ويمكن عن طريق وصف لون التربة الإلمام بصورة مختصرة عن حالة التهوية والرطوبة والحرارة فى التربة نفسها، وكذلك معرفة مكوناتها المعدنية والعضوية، ويمكن أيضا معرفة درجة خصوبتها بعد إجراء بعض التحاليل عليها.

وبشكل عاكم فإن التربة الحمراء أو المحمرة تحتوى على نسبة عالية من أكاسيد الحديد وقد يتحول اللون الأحمر إلى اللون الأصفر أو الأخضر أو الأزرق وذلك من خلال زيادة أكاسيد الحديد بها. وتنتج الألوان الفاتحة أو البيضاء بصفة عامة عن وجود معادن مختلفة مثل كربونات الكالسيوم وأكاسيد السيليكا والفلسباد.

ويمكن تحديد لون التربة فى الحقل اعتمادا على النظر المجرد، وإن كان يحتاج إلى خبرة طويلة للتعبير عن ألوان مع العلم بأن الألوان الرئيسية فى التربة هى الأسود والرمادى والبنى والأحمر والأصفر.

(هـ) المادة العضوية فى التربة :

تتكون المادة العضوية فى التربة من تحلل الجذور وبقايا النباتات من أوراق وغصون، وعندما تتحلل هذه المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة micro organisms - فإنها تصبح بشكل عام داكنة اللون ويطلق عليها الدوبال humus الذى يلعب دورا هاما فى تماسك الحبيبات الناعمة فى شكل التجمعات التى سبق شرحها والتى تعطى التربة بناءها.

ورغم قلة المادة العضوية فى المناطق الجافة وشبه الجافة إلا أن تأثيرها بالغ على خواص التربة ومراحل نمو النباتات وخاصة تأثيرها على الخواص الكورفولوجية للتربة من لون وبناء، وكذلك على خصائصها الطبيعية، كما أنها تعتبر المصدر الرئيسى لإمداد التربة بعنصرى الكبريت والفسفور وكذلك النتروجين.

(و) درجة تركيز إيون الايدروجين PH

تسمى أحيانا درجة حموضة التربة أو PH التربة، والتربة إما أن تكون حمضية أو قاعدية (قلوية) أو متعادلة.

وتزداد قلوية التربة مع زيادة تراكم الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم حيث تزيد أيونات الهيدروكسيد - OH على أيونات الأيدروجين H^+ فى محلول التربة، وإذا ما تساوى الاثنان أصبحت التربة متعادلة.

والتربة الصحراوية قلوية بينما التربة فى المناطق الباردة حمضية مثل تربة البدزول حيث تغسل الأملاح سابقة الذكر بسبب الأمطار.

وتتراوح نسبة الحموضة فى التربة بين ٣ و ١١ فإذا كان الرقم PH فى التربة يتراوح ما بين ٣ و ٤ تكون شديدة الحموضة ثم تقل درجة الحموضة مع تراوح الرقم ما بين ٦ ـ ٧ ثم تكون التربة متعادلة عند الرقم ٧ ثم تتحول إلى قلوية -al kaline من ٧ ـ ١١ والرقم الأخير تكون التربة فيه شديدة القلوية جدا.

ويمكن قياس حموضة التربة فى الحقل من خلال جهاز مقياس الحموضة (PH meter) وترجع أهمية معرفة الحموضة لتحديد أنواع الأسمدة المطلوبة ودرجة ذوبانها ومدى استفادة النبات منها.

ثانيا النبات الطبيعى Vegetation

بداية نرى أن العوامل المؤثرة فى نمو النبات الطبيعى هى نفسها تقريبا العوامل المؤثرة فى التربة.

(١) العوامل المؤثرة فى النبات :

يعد المناخ أهم العوامل التى تؤثر وتتحكم فى التربة والكائنات الحية، ففى الأقاليم الرطبة التى يفوق فيها معدل التساقط التبخر ـ نتح، وتكون فيها بالتالى حركة المواد الغذائية وانتقالها من أعلى إلى أسفل، تسود الأشجار وتفوق كثيرا نمط الحشائش حيث تتميز بجذورها الطويلة، والتى يمكنها من خلالها استخراج المواد الغذائية اللازمة من أعماق أبعد فى التربة، بينما تسود الحشائش فى حالة توافر المواد الغذائية اللازمة لنموها على السطح الخارجى للتربة أو قريبة منه، ويظهر ذلك فى المناطق التى تقل فيها الأمطار وترتفع معدلات التبخر.

ونظرا لكون النبات بجميع أنواعه يتطلب ظروف حرارة ورطوبة معينة لكل مرحلة من مراحل نموه فإثبات الظروف المناخية من سنة إلى أخرى يعد من الأمور الهامة والضرورية لاستمرارية النمو.

ومن الأمور الهامة التى ترتبط بالمناخ ما يتمثل فى الصور التوزيعية للحرارة والمطر خلال شهور السنة، والتى بدورها تتحكم فى طول فصل النمو. حيثما ترتفع درجة الحرارة ويتساقط المطر بشكل مستمر على مدار السنة ينعكس ذلك على نمو نباتى مستمر دائم، كما هو الحال فى المناطق الرطبة المدارية. ويمكننا أن نؤكد من الحقائق التالية الارتباط القوى بين النباتات وظروف المناخ، ففى المناطق شديدة البرودة والرياح نجد أن النباتات تظهر قريبة من سطح الأرض (قصيرة) وذلك للاستفادة بقدر الإمكان من الإشعاع الأرضى المتاح والتقليل بقدر الإمكان من التعرض للرياح الباردة. وفى المناطق الجافة (وهى من البيئات المتطرفة) نجد أن أوراق الأشجار صغيرة المساحة وشمعية waxy وذلك للتقليل ما أمكن من أثر عمليتى التبخر ـ نتح، والعديد من الأنواع النباتية هنا ذات لحاء سميك وأوراق سميكة، وذلك من أجل الاحتفاظ بالمياه لفترات الجفاف الطويلة التى تتعرض لها، ومن هذه الأنواع الصبارات succulents، إلى جانب ذلك فإن العديد من هذه الصبارات لها خاصية ميكانيكية للتمثيل الضوئى تقلل من خلالها الحاجة للمسامات الورقية وتحتفظ بأكبر قدر من ثانى أكسيد الكربون خلال أنسجتها، ومن المعروف أنه كلما قلت هذه المسامات قلت طاقة النتح.

وفى المناطق ذات الوفرة المائية السطحية، نجد بعض الأشجار مثل أشجار الصفصاف willows لها القدرة على نتح كميات كبيرة من المياه من أجل التكيف مع الرطوبة الزائدة على العكس من الحالة السابقة، وتعرف النباتات التى تنمو فى بيئة رطبة بدرجة كبيرة بالنباتات المائية hydrophytes، وأما النباتات التى تنمو فى ظروف جافة فتعرف بالنباتات الجفافية xerophytes، وأما النباتات التى تنمو فى مناطق معتدلة فيطلق عليها mesophytes كحالة وسط بين الحالتين السابقتين.

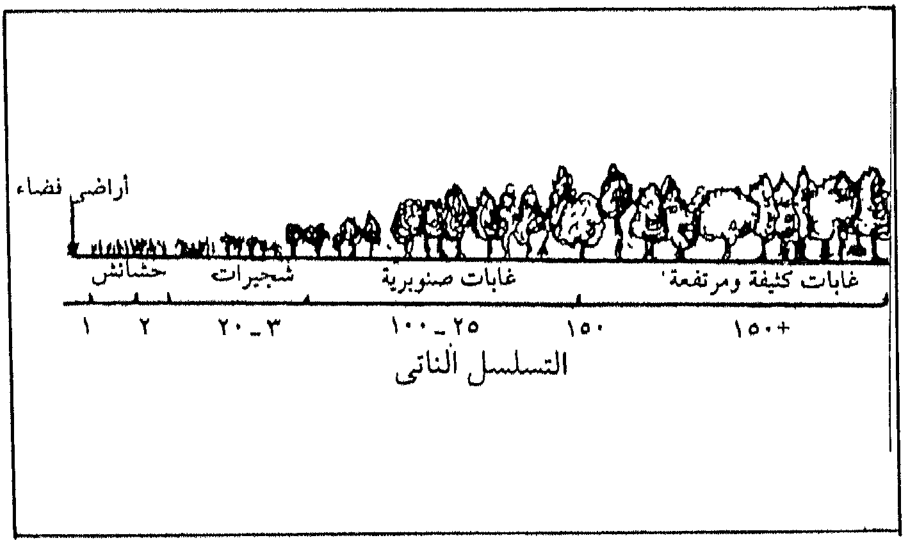
وفى الغابات النفضية deciduous forests نجد أوراقها تسقط فى الخريف وذلك للحماية من البرد والتجمد، لأن الأشجار تفقد حرارتها بسبب الأوراق، وخاصة عندما تكون كبيرة الحجم. وبالتالى فإن التخلص منها يقلل من كمية الفاقد من الطاقة الحرارية للنباتات الشجرية بتلك العروض الباردة، ويوجد كذلك سبب آخر لنفض الأوراق فى البيئة النفضية يتمثل فى أن عملية التمثيل الضوئى غير كافية فى العروض العليا وخاصة فى فترات البرودة فى الخريف والشتاء.

أما عن الطوبوغرافيا وأثرها على النبات فإن ذلك يظهر ببساطة فى حالة السلاسل الجبلية بالعروض العليا، والتى يواجه أحد جانبيها الشمس وهذا الجانب

يتيح فرصة كبيرة للنمو النباتى بالمقارنة بالجانب الآخر لها الذى يغطى عادة بالثلوج ويندر به النمو النباتى.

وفى المناطق من السفوح شديدة الانحدار تكاد تختفى التربة والتى تكون رقيقة بشكل عام فى السفوح المنحدرة ترتبط بها بالتالى نباتات قصيرة الجذور (شكل ٣٧).

(٢) التعاقب النباتى Succesion: إن فكرة النمو النباتى خلال تتابع أو تسلسل مرحلى - بحيث يرتبط ارتباطا وثيقا بالعوامل المناخية - فكرة قديمة بدأت فى الثلاثينيات من هذا القرن على يد Clements. وتتخلص هذه الفكرة فى أنه فى الأراضى العارية بالعروض الوسطى يبدأ التعاقب بمجموعة نباتية رائدة من الأشنة li-chen والطحالب algea التى يمكنها أن تتجمع فوق سطوح عارية، ومع استمرار عمليات التجوية التى تتم ببطء فى هذه المرحلة تتفتت الصخور وتتكون المواد الغذائية ثم تظهر أعشاب المستنقعات mosses على مفتتات التربة التى تراكمت على الأسطح الصخرية والتى ما زالت حتى هذه المرحلة المتحكم الرئيسى فى الخصائص الأولية لهذه التربة الوليدة، ومع زيادة كميات المواد النباتية المتحللة تزداد حموضة التربة، ومن ثم تحل حشائش grasses محل الأعشاب الدقيقة السابقة، ومع مرور الزمن وزيادة سمك التربة تحل الأحراش محل الحشائش وتحل الأشجار محل الأحراش (شكل ٣٧).



(شكل ٣٧)

وجدير بالذكر أنه ليس هناك حدود واضحة بين النباتات فى بيئاتها الطبيعية، فالمناخ والتربة والطوبوغرافيا والنباتات لا تكون متماثلة فوق مساحة كبيرة ولا تتغير فجأة فى خصائصها على طول حدود واضحة حيث إن التغير من منطقة إلى أخرى عادة ما يكون تدريجيا.

(٣) وصف النبات : هناك مصطلحان يستخدمان استخداما واسعا فى الجغرافيا الحيوية يمثلان فى الأول شكل الحياةlife form والثانى المجموعات -com munities النباتية .

(أ) يشير المصطلح الأول إلى الحجم والشكل والتركيب النباتى من خلال علاقتها بالبيئة، بمعنى آخر يقصد به مجموع الظروف البيئية وأثرها على النبات الذى يوجد بها. وتوجد أشكال للحياة النباتية الأشجار والشجيرات shrub والنباتات المتسلقة iianas ثم الحياة العشبيةherbs وتشمل الحشائش grasses ثم العشب مثل الأشن وأخيرا النباتات المتطفلة epiphytes.

(ب) أما بالنسبة للمجموعة النباتية: فتتمثل فى نباتات بأشكال مختلفة تنمو فى مساحة معينة، فالغابة على سبيل المثال تشتمل داخلها على أشكال نباتية مختلفة يمكن ككل أن تسمى مجموعة نباتية، حيث إنه فى المجموعة النباتية نجد أن كل جزء مختلف من النظام البيئى يمد نباتاته بالضوء والغذاء الدى يمكن أن تستفيد منه أنواع نباتية وحيوانية أخرى.

على سبيل المثال نجد أن البكتريا والفطر والطحالب تنتمى إلى الأنواع النباتية الدنيا وليس لها جذور أو أوراق أو سوق، تنمو كشرائح رقيقة فوق سطح التربة أو على الفروع وجذوع الأشجار، والعشب الطحلبى ينمو على الصخر بينما تنمو الشجيرات مع ما ينفذ إليها من ضوء يتخلل الأشجار الأكثر ارتفاعا وتمد جذورها فى الطبقات العليا للتربة لتستمد غذاءها، ومعنى ما سبق أن كل نوع نباتى يحتل أو يشغل موضعا محددا بدقة داخل بنية النظام البيئى الأفقية والرأسية وتبدو النباتات وكأنها فى سباق من أجل الحياة.

التوزيع الجغرافى لمناطق التربة والنبات فى العالم

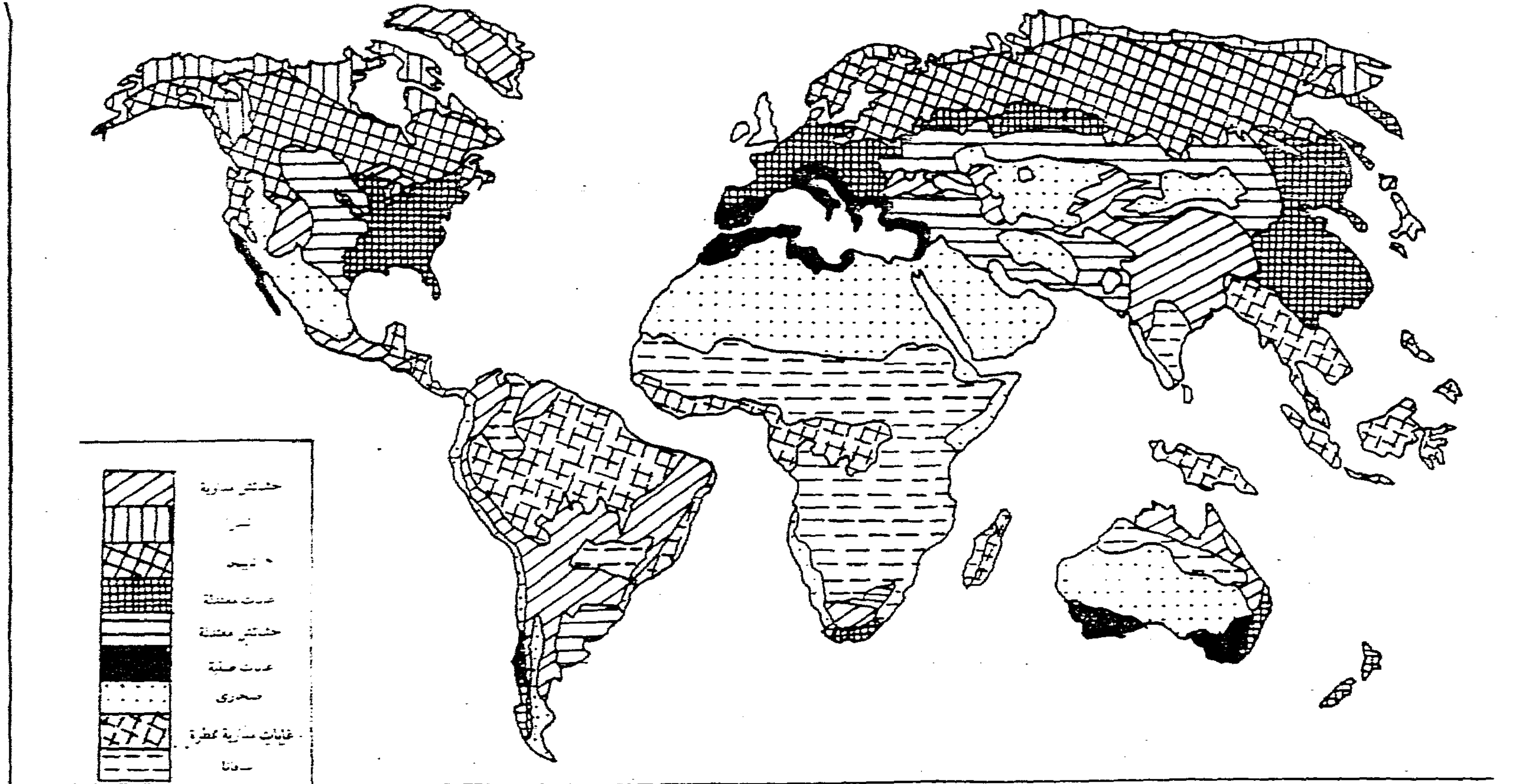
يمكن تقسيم العالم إلى ثمانى مناطق متميزة فى التربة والنبات بجانب ما

يتميز به من خصائص مناخية وما يوجد بها من حياة حيوانية وذلك على غرار ما قام به ديفيد ويلكوك Wilcock, D مع الأخذ فى الاعتبار عدم تطابق حدود التربة مع حدود كل من النبات الطبيعى والمناخ فى هذه المناطق وذلك بسبب عدم وجود حدود طبيعية واضحة لهذه العناصر، هذا إلى جانب التعديلات العديدة التى قام بها الإنسان ويميز من خلالها الصور التوزيعية للنبات الطبيعى والتربة.

ويمكن من الخريطة رقم (٣٩) أن نبين ما يلى :

(١) التندرا Tundra: تتميز هذه البيئة بشدة برودتها طول العام، حيث تتراوح درجة الحرارة ما بين ـ ٤٠م فى الشتاء و٦م فى الصيف، فهى مناطق الصقيع الدائم permafrost، وقد تظهر تربة سطحية أثناء فصل الصيف، بينما تتجمد تماما فى الشتاء، وهى تربة غير ناضجة، ذلك لأن الطبقة السطحية المتجمدة تمثل حاجزا يمنع حركة تسرب المياه ورشحها نحو طبقات ما تحت التربة subsoil، ومع فقر هذه التربة وانخفاض درجة الحرارة فإن النبات بالتالى إذا ظهر فإنه يظهر على شكل مبعثر وتختفى الأشجار التى يحتاج نموها إلى فصل حرارة لا يقل متوسطه عن عشرة درجات مئوية لا تتوافر فى هذه البيئة، ونظرا لانبساط السطح فإن التربة والنبات عادة ما تتعرض لرياح قطبية قاسية البرودة، أهم النباتات هنا الأشن وأعشاب المستنقعات mosses وبعض الشجيرات القزمية التى يمكنها أن تقاوم قسوة الظروف البيئية الطبيعية، وهكذا فإن هذه البيئة تعد من أفقر البيئات فى الأنواع النباتية، وحيواناتها عادة من الأنواع آكلة العشب herbivores مثل الرنة rendeer وفأر الحقل voles واللاموس lemming وبعض الحيوانات آكلة اللحوم carnivores مثل الذئاب والثعلب القطبى.

(٢) التاييجا : يتوافق التوزيع الجغرافى للتاييجا أو الغابات المخروطية conif-erous مع المناخ القارى دون القطبى subarctic وتربة البدزول podsol وهذه البيئة هى بيئة التساقط القليل فى شكل ثلوج والتبخر ـ نتح القليل أيضا، ومن ثم ينتج عن ذلك رشح للفائض المائى فى قطاعات التربة، ونظرا إلى أن الأشجار المخروطية من الأنواع الدائمة الخضرة فإن بإمكانها بدء عمليات التمثيل الضوئى فى موسم الصيف دون انتظار نمو شجرى جديد، وتعمل الأشجار على الاستفادة



النبات الطبيعى فى العالم

« توزيع مبسط »

(شكل ٣٨)

بأقصى ما يمكن من الطاقة الشمسية المحدودة فى هذه العروض العليا وتعمل جذورها القصيرة على الاستفادة من التربة عند ذوبان الجليد.

أما التربة هنا فإنها مشتقة أساسا من العمليات الجليدية glàciation وهى فقيرة فى محتواها الغذائى، ويتميز الدوبال بحموضته الشديدة لكونه ينتج عن تحلل بطىء للأوراق الإبرية الفقيرة أصلا فى محتواها من المواد الغذائية.

وبالنسبة للأحياء الدقيقة ومنها « دودة الأرض » فإنها لاتجد لها هنا بيئة ملائمة وبالتالى فتقليب التربة وخلطها محدود للغاية ومن ثم تبقى المواد العضوية على السطح وقتا طويلا قبل أن تتحلل، وأهم الحيوانات هنا الدب القطبى.

(٣) الغابات المعتدلة: توجد أساسا فى غرب أوروبا وشرق الولايات المتحدة وشرق الصين وفى نيوزيلندا وفى تشيلى بأمريكا الجنوبية، وتوجد أنواع عديدة من الغابات فى هذا النظام البيئى تتمثل فى غابات غرب أوروبا فى بريطانيا وأيرلندا وهى هنا غابات نفضية، والتربة بنية اللون يتسرب الماء خلالها بسرعة إلى الطبقات التحتية من التربة وخاصة خلال فصل الشتاء مع ازدياد المطر وانخفاض التبخر - نتح، ولكنها قد تجف صيفا وعندما يتفوق التبخر - نتح على المطر، وهى غنية بالمواد الغذائية بسبب أشجارها ذات الجذور الممتدة لمسافة رأسية بعيدة عن التربة والتى يمكنها بهذه الخاصية أن تستخرج المواد الغذائية من الصخور المجواة كيماويا، لتعيدها إلى التربة كمواد عضوية أثناء سقوط الأوراق فى الخريف.

والدوبال فى التربة حمضى نسبيا، وتقوم الأحياء الدقيقة وديدان التربة بخلط مكوناتها وتقليبها سواء كانت مكونات عضوية أو غير عضوية، وتحتاج هذه التربة إلى الجير (رغم خصوبتها) وذلك لمعادلة الحموضة، وتقوم هنا زراعات القمح فى مساحات واسعة. أما أنواع هذه الغابات فى أمريكا الشمالية فهى نفضية أيضا ولكنها أكثر تنوعا حيث يوجد بها ما بين ٤٠ و ٥٠ نوعا بالمقارنة بنحو ١٥ نوعا فقط فى غرب أوروبا، ومن أشجارها القسطل chestnut والبلوط oak. وإلى الشمال فى هذه الغابات توجد غابات مختلطة تشتمل على أشجار نفضية ومخروطية. وتوجد فى مناطق كثيرة من حوض البحر المتوسط الأشجار ذات الأوراق العريضة وبعض أنواع المخروطيات ولكن معظمها قد أزيل وحلت محله الزراعة منذ فترات زمنية قديمة، ومن أهم حيوانات الغابة النفضية الثعالب والدببة والأرانب البرية.

(٤) **الحشائش المعتدلة:** تتمثل أساسا فى برارى أمريكا الشمالية واستيبس وسط آسيا وبمباس أمريكا الجنوبية وفلد Veld جنوب أفريقيا. وتظهر فى برارى أمريكا الشمالية ثلاثة أنواع من التربة تمتد من الشمال إلى الجنوب وسط القارة، يعرف النطاق الشرقى منها بتربة البرارى حيث الحشائش الطبيعية الطويلة (أطول من المتر) وفى الوسط تربة الشرنوزم chernozem أو التربة السوداء حيث تقصر الحشائش، أما فى التربة الكستنائية الأكثر جفافا فى الغرب فتبدأ الحشائش فى التكاثر والاختلاط بالأعشاب القصيرة، وفى الأنواع الثلاثة من التربة سابقة الذكر، تتساوى كميات المطر مع طاقة التبخر ـ نتح (نحو ٧٥٠ ملم فى السنة) وتصل نسبة حموضة التربة PH ٦ مع وجود أملاح مذابة فى الأفق (أ) من التربة مع عدم وجود تراكمات كلسية على السطح. وكثيرا ما تتعرض التربة لعملية غسيل leaching باتجاه الطبقات التحتية، وذلك بسبب زيادة طاقة التبخر بالاتجاه غرباً.

وفى تربة الفلد بجنوب إفريقيا يوجد نوع من التوازن فى النظام البيئى، ونفس الحال فى وسط آسيا حيث الظروف المناخية أجف بالمقارنة بها فى أمريكا الشمالية، ولذلك فالغطاء النباتى أقل كثافة والحشائش أقصر، وقد انعكس ذلك على نقص كمية الدوبال إلى جانب قلة محتوى التربة من المياه مما يجعلها أقل خصوبة من تربة التشرنوزم الأمريكية. وإذا ما تعرضت هذه الأنواع من التربة للجفاف لظروف عدم تساقط المطر خلال فترات متعاقبة، فإنها كثيرا ما تعرى بفعل الرياح مثلما حدث فى الثلاثينيات من هذا القرن فى ولايات أركانسس وكلورادو وتكساس.

(٥) **الشابارال:** من الأشجار التى تستطيع أن تستمر من خلال تكيفها مع جفاف فصل الصيف الطويل ومنها أشجار الفلين دائمة الخضرة، ويبدو الغطاء النباتى متباعدا وذلك لحاجة كل شجرة لمساحة كبيرة نسبيا لتتصيد منها المياه، ومعظم الأشجار هنا ذات أوراق سميكة ومنها الزيتون وأشجار بلوط الفلين cork. oak. والتربة هنا متدهورة بسبب الرعى الجائر overgrazing.

(٦) **الصحراء:** توجد الصحارى وشبه الصحارى semidesert بالعروض الوسطى ودون المدارية داخل القارات، يطلق على الأولى الصحارى الباردة وأهم

مناطقها أحواض كولومبيا وسنيك شمال غرب الولايات المتحدة فى ظل جبال كسكيد، وصحراء جوبى وسط آسيا شمال جبال الهيمالايا، وتختلف هذه الصحارى عن الصحارى المدارية الحارة (مثل الصحراء الكبرى فى إفريقيا وأتكاما فى أمريكا الجنوبية وصحراء غرب أستراليا والجزيرة العربية) بوقوعها فى مناطق هواء هابط من مناطق الضغط المرتفع دون المدارى إلى جانب دور التضاريس فى منع الأمطار من الوصول إليها كما هو الحال فى صحراء جوبى وثار.

ويعد المناخ صحراويا إذا ما قل المطر السنوى عن ١٢٠ ملم وشبه صحراوى ما بين ١٢٠ـ ١٥٠ ملم. وإن كان هذا التصنيف يتجاهل طاقة التبخر - نتح وتوزيع المطر خلال شهور السنة.

والصحارى الحقيقية هى تلك المناطق التى يزيد فصل الجفاف بها على سبعة أشهر ونصف شهر، مع قلة المطر وعدم انتظام سقوطه، وهو عادة ما يسقط فى شكل عواصف ممطرة فجائية، والنباتات الصحراوية لها القدرة على التكيف مع ظروف الجفاف من خلال أوراقها السميكة الشمعية التى تختزن بها المياه مثل الصباريات أو من خلال تحور أوراقها فى شكل أشواك وغير ذلك من وسائل التكيف مع ظروف المناخ الجاف. ونظرا لقلة المياه فإن التربة الصحراوية تحتوى على الأملاح مثل الصوديوم والبوتاسيوم وهى بالتالى تتميز بخصوبتها الكامنة، ويمكن أن تعطى إنتاجية عالية لعدد من المحاصيل، إذا توافرت لها المياه عن طريق مشاريع الرى المختلفة وأضيفت إليها المخصبات العضوية التى تفتقر إليها.

ومن المشكلات المرتبطة بالتربة الصحراوية تراكم الأملاح على السطح فى الأفق الذى تمتد فيه جذور النباتات بسبب زيادة طاقة التبخر وصعود المياه فى حركة رأسية حاملة معها المواد الملحية الذائبة والتى تتبقى على السطح بعد تبخر المياه وتظهر فى شكل قشور ملحية salt crusts بيضاء اللون من كلوريد وكربونات الصوديوم، وفى الأراضى القلوية الملحية تتكون على السطح قشرة سوداء من تراكم كربونات الصوديوم.

وفى مناطق أخرى تتكون الطبقات الجيرية بسبب عملية ذوبان كربونات الكالسيوم والمغنسيوم وانتقالها إلى سطح التربة أو تحت السطح مباشرة، وقد تكون

هذه الطبقة الجيرية نتاج ظروف مناخية سابقة أوفر مطرا مما هو موجود فى الصحارى فى الوقت الحاضر (خالد رمضان، ١٩٨٤، ص ٨٦) وأهم حيوانات الصحارى الإبل والقوارض rodents والزواحف reptiles.

(٧) الغابات المدارية الرطبة: تغطى هذه الغابات مساحات واسعة فى حوض الأمزون (٥ مليون كم٢) والأورينوكو فى أمريكا الجنوبية ومعظم حوض زائير وساحل غرب إفريقيا (ساحل غانا) ومساحات واسعة جنوب شرق آسيا.

وتعد من أكثر النظم البيئية تنوعا حيث تشتمل على أكثر من ٢٠ ألف نوع فى غابات أمريكا الجنوبية وشرق آسيا، ونحو ٧٠٠٠ نوع فقط غابات إفريقيا (Harris' P 244) وبالتالى يمكن اعتباره نظاما بيئيا إيكولوجيا متعدد الخصائص heterogenous ecosystem حيث يوجد فى الهكتار الواحد ٤٠ نوعا من الأشجار، بينما تبلغ فى الغابات النفضية ١٢ نوعا فقط، وهذه الخاصية جعلت هناك صعوبة بالغة فى استغلال موارد هذه الغابات بجانب العديد من الصعوبات الأخرى.

ويرجع هذا التنوع إلى عوامل بيئية تتمثل فى الأمطار الغزيرة الدائمة الحرارة المرتفعة طول العام. وهذا بالطبع نمط مناخى ملائم تماما لنمو مثل هذه النباتات. ويعتقد بعض علماء الجغرافيا الحيوية أنها أقدم النظم النباتية فى العالم مع الأخذ فى الاعتبار اختلاف أعمارها من منطقة إلى أخرى.

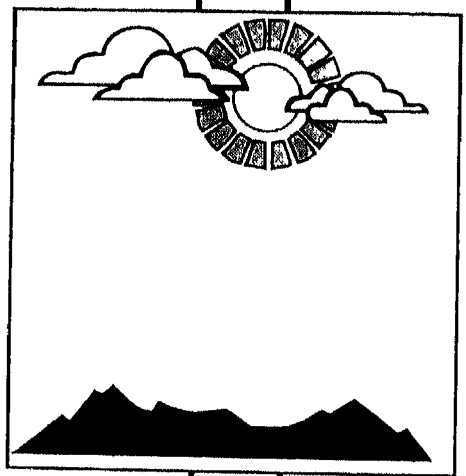
وتختلف أشجار هذه الغابات فى أطوالها حيث تنقسم إلى ٣ فئات حسب الطول، الأولى أشجار أطول من ٢٥ مترا وأشجار متوسطة طولها ما بين ١٠ - ٢٥ مترا والقصير منها أقل من ١٠ أمتار، والفئة الأولى أكثر استقامة ومعظمها ذات جذور قصيرة تكثر أسفلها الأشجار المتسلقة بسبب قلة الضوء، كما تنمو العديد من النباتات المزهرة ذات الأوراق العريضة.

والتربة هنا من النوع المدارى الأحمر بسبب نشاط عمليات التجوية الكيماوية للتربة وهى خصبة جدا فى المراحل الأولى من زراعتها ولكنها سرعان ما تفقد خصوبتها بعد تعرضها لعمليات الغسيل مما جعلها ترتبط بنظام الزراعة المتنقلة.

يبلغ سمك هذه التربة أكثر من عشرة أمتار، وهى شديدة التماسك تشبه الطوب الأحمر عقدية التركيب ترتفع بها نسبة أكاسيد الحديد وبالبعد عن خط الاستواء يظهر فصل جفاف يزداد طولا كلما ابتعدنا شمالا وجنوبا، وينعكس ذلك بالتالى على النمو الشجرى ليتحول إلى أشجار متباعدة إلى أن يختفى النمط الشجرى فى المناطق التى يزيد فيها فصل الجفاف عن شهرين ونصف.

(٨) **حشائش السافانا المدارية** : تطلق عادة على المنطقة المحصورة بين الغابات المطيرة والصحراء، وأجزاء منها فى الواقع تنتمى إلى نمط الإقليم الموسمى التى تظهر بوضوح أكثر فى أمريكا الجنوبية. والتربة هنا حديدية ferru-ginous (لاتوسولا) متوسطة الجودة بالنسبة للزراعة، وتختلط هنا الأشجار مع الحشائش إلى أن تسود الحشائش بالابتعاد شمالا وجنوبا من خط الاستواء وقد تصل أطوالها إلى أكثر من ٣,٥ ثلاثة أمتار ونصف ومن الأشجار هنا الأكاشيا والباوباب baobab وفى أستراليا تنتشر حشائش السافانا فى نطاق عرضى من الشرق إلى الغرب شمال الصحراء الأسترالية، وتظهر فى أمريكا الجنوبية فى إقليم اللانوس فى فنزويلا والكامبوس فى البرازيل.

وتعد هذه المناطق من مناطق المستقبل الزراعى، وأهم الحيوانات هنا من آكلات العشب الزراف ووحيد القرن، ومن آكلات اللحوم الأسود والنمور، وتنتشر هنا ذبابة تسى تسى tse tse والجراد الذى يأتى أساسا من الصحارى الحارة.



مصطلحات في
الجغرافيا الطبيعية

A

Abrasion	البرى بفعل الرياح أو بفعل الأمواج
Absolute Humidity	الرطوبة المطلقة
Acid	حمض
Acidity	حمضى
Adaption	تكيف
Adiabatic Colling	تبريد أدياباتى
Air Masses	كتل هوائية
Algae	طحالب
Alluvial Fan	مروحة فيضية
Alluvial Deposite	رواسب فيضية
Alpedo	ارتداد الأشعة من أى سطح
Angle of Dip	زاوية الميل
Anticline	التواء محدب
Annual	سنوى
Aquatic - Life	حياة مائية
Aquifer	خزان ماء جوفى
Artesian - Well	بئر ارتوازية
Arches - and - Stacks	أقواس ومسلات بحرية
Archipelago	أرخبيل جزرى
Arcuate - Delta	دلتا مروحية
Ash	رماد
Astoronomy	علم الفلك
Association	تكامل
Asymmetrical - Fold	التواء غير منتظم

Attrition

عملية طحن المفتتات فى مجرى النهر أو على الشاطئ بفعل اصطدامها ببعضها

Atom	ذرة
Atomic	ذرى
Attributes	اتجاهات
Attraction	جذب (استقطاب)

B

Back Wash	ارتداد الأمواج تجاه البحر
Bajada	بهادا
Bang Kiang	حفر توجد فى رواسب مفككة تشكلت بفعل الرياح
Barchans	الكثبان الهلالية
Bars	حافات رملية شاطئية
Basins	أحواض
Batholithe	
Beat	لبد نباتى
Beach	بلاج رملى
Bed Load	حمولة قاع النهر
Bedding Plane	سطح الطبقية (سطح انفصال)
Beheaded River	نهر مأسور
Bench	مصطبة
Blind	نهر أعمى (يوجد فى المناطق التى تسودها تعرية كارستية)
Block Disintegration	تفكك كتلى للصخر
Block Faulted	تصدع كتلى
Bluffs	حوائط نهرية
Bog	مستنقع ملىء بالمواد العضوية المتحللة ويتميز بسوء الصرف
Borrowing Organisms	كائنات حفارة

Boulders	جلاميد
Breakers	أمواج التكسر
Bulky	كبير الحجم
Byoyancy	طفو أو تعويم

C

Capricorn	مدار الجدى
Calcicoles	نباتات محبة للقلويات
Calcification	مواد تكلست
Calcifuges	نباتات محبة للحموضة
Canopy	تاج أشجار الغابة
Capillary	الخاصة الشعرية
Capacity	المقدرة
Carrying - Capacity	المقدرة على التحمل (طاقة التحمل)
Carbon Dioxide	ثانى أكسيد الكربون
Capturing River (Stream)	نهر آسر
Cataracts	جنادل
Catchment Area	منطقة تصيد للأمطار
Chernozem	تربة التشرنوزم السوداء (تربة خصبة)
Chestnut	قسطل
Chinook	رياح الشنوك الدافئة غرب أمريكا وتعنى بلغة الهنود الحمر أكلة الثلوج
Cinders	مفتتات وشظا تخرج أثناء انفجار البركان
Cirques	حلبات جليدية
Compound	مركب
Compressional Forces	قوى الضغط
Complexity	تعقيد
Concave	سفح مقعر

Cone	مخروط
Conelets	مخروطات (مخاريط) بركانية صغيرة الحجم
Contraction	انكماش
Continentality	القارية
Convective	تصعيدى
Convection	تصعيد
Convectional - Rain	مطر تصاعدى (انقلابى)
Corrasion	نحت ميكانيكى تقوم به الأنهار لتفتيت الصخور.
Corrosion	نحت كيماوى تقوم به الأنهار لتفتيت الصخور
Crack	تشققات (شقوق صخرية)
Crevasses	تشققات فى الكتل الجليدية
Cumulus	سحب طباقية
Cyclones	منخفضات جوية (أعاصير)
Cusps	مسننات شاطئية

D

Decidous	غابة نفضية
Decilification	إزالة المواد السليكية
Deflation	تذرية
Deflation Basins	أحواض تذرية
Deforestation	إزالة الغابة
Dentritic Patter	نمط شجرى (يطلق على أحد أنظمة التصريف النهرى)
Dentdrochronology	علم التقويم النباتى
Denudation	نحت
Desertification	تصحر
Desert Bavement	رصيف صحراوى
Deranged Pattern	نمط تصريف مقلقل

Dew - Point	نقطة الندى
Dip - Slope	انحدار الميل
Discharge	تصرف النهر
Destributary	فرع النهر
Dolderum	الرهو الاستوائى
Domal Structure	بنية قبابية
Down Throw	الرمية السفلى للصدع
Drainage Density	كثافة التصريف
Drickanter	حصى هندسى هرمى الشكل
Drift	إزاحة
Drought	جفاف
Drumlins	كثبان جليدية
Dune Colony	مستعمرة كثيبية
Durnal	يومى
Dynamic	ديناميك
Dykes	سدود رأسية
Ductlility	لدونة (قابلية المعدن للسحب إلى شعيرات معدنية)

E

Earth Flow	جريان أرضى
Erath Heat Budget	ميزانية الحرارة الأرضية
Ecology	علم الإيكولوجيا (يدرس العلاقات المختلفة بين الكائنات الحية)
Ecosystem	نظام إيكولوجى
Ecotype	نمط إيكولوجى
Ecotone	منطقة فاصلة بين مجموعتين مختلفتين من الأحياء
Edaphic Factors	عوامل بيولوجية
Edge	حد (حافة)

Eddies	دوامات
Eikanter	حصى ذو وجهين وحافة حادة
Elbow Capture	كوع الأسر
Environment	بيئة
Energy	طاقة
Eolian	هوائى
Epiphytes	نباتات متطفلة
Equator	خط الاستواء
Equatsrial	استوائى
Equilibrium	توازن
Erosion	تعرية
Erosional Cycle	دورة التعرية
Erratic Blocks	كتل ضالة (تائهة) فى المناطق التى تسودها تعرية جليدية
Escarpment	حافة هضبية أو صلية
Eskar	حافة طولية متعرجة ناتجة عن إرساب جليدى - نهرى
Estuary	مصب نهرى خليجى
Evaporation	التبخر
Evaptranspiration	تبخر - نتح
Expansion	تمدد
Exfoliation	تقشر ناتج من تجوية الصخور
External Drainage	تصريف خارجى

F

Fault Plane	خط الصدع
Faulting	تصدع
Fecundity	القابلية للتكاثر
Fermination	تخمر

Fertility	خصوبة
Ferns	السرخسيات
Ferrogenous	حديدى
Fetch	المسافة التى تتحرك عليها الرياح أو الأمواج
Fissures	شقوق
Flesh Eaters	آكلات اللحوم
Flow resources	موارد جارية
Fluctuations	تقلبات
Fluid	سائل
Fluvial	نهرى
Fluvio Glacial	نهرى جليدى
Fog	ضباب
Folding	التواء (طى فى الطبقات الرسوبية)
Fold Mountains	جبال التوائية
Force	قوة
Fore Shore	شاطئ أمامى
Forest	غابة
Freezing	تجمد
Friction	احتكاك
Fringing Reef	إطار مرجانى
Fronts	جبهات
Frontal	جبهى
Fuel	وقود
Furrows	حفر طولية

G

Gasious	غازى
Generation	تولد

Geophysics	طبيعة أرضية
Geometry	هندسة
Geothermal	حرارة أرضية
Geosyncline	حوض جيولوجى قديم (مقعر)
Glaciation	تعرية جليدية
Glaciers	أنهار جليدية
Glaciology	علم الجليد (جلاسيولوجى)
Gley Soil	تربة زلقة
Glassy	زجاجى الملمس
Gorge Like	خانق أرضى
Graded Stream	نهر متعادل (متوازن)
Gravel	حصباء
Grasses	حشائش
Gravitation	جاذبية
Grove	أجمة
Gyratory	حركة دورانية للمياه بسبب دوران الأرض

H

Habitat	موطن معيشة الكائن الحى
Hail	برد
Halomorphic Soil	تربة ملحية
Halictite	أعمدة مائلة من الترافرتين
Hazards	أخطار
Headland	رأس أرضية
Head Ward Erosison	نحت صاعد
Heat Island	جزيرة حرارية
Heat Radiation	إشعاع حرارى

Herbs	أعشاب
Herbivores	حيوانات عاشبة
Hemisphere	نصف الكرة
Heterogenous	متعدد الخصائص
High Frequency	تردد عالى
Homothermic	ذوات الدم الحار
Horizone	أفق
Host	كائن عائل لغيره
Horst	هورست
Humidity	رطوبة
Humus	دوبال
Human Ecology	إيكولوجيا بشرية
Hummocks	كدوات
Hydrology	علم الماء
Hidrolisis	التحلل بفعل الماء
Hydration	تميوء
Hydrophyts	نباتات مائية (محبة للرطوبة)
Hydrosaline	تربة رطبة ملحية

I

Identification	التعرف على (تشخيص)
ImersedBody	جسم مغمور
Impurities	شوائب
Insulator	عازل
Inselberge	جزيرة جبلية
Insoluble	غير قابل للإذابة
Internal Drainage	تصريف داخلى

Intrenched Meander	ثنية متعمقة
Isohaline	خط الملوحة المتساوى
Isolation	عزلة
Isotherms	خطوط الحرارة المتساوية
Isthmus	برزخ

J

Jet Stream	تيار نفاث
Joints	فواصل صخرية
Jointing	تفصل صخرى
Junction	وصلات صخرية

K

Kientic Energy	طاقة حركية
Karst	كارست

L

Lagoon	بحيرة ساحلية طولية (هور)
Lamination	تورق الصخر
Landforms	الأشكال الأرضية
Landslide	الانزلاق الأرضى
Latent Heat	الحرارة الكامنة
Lateral	جانبى
Latterite	تربة مدارية حمراء
Law of lemiting Factors	قانون العوامل المحددة
Layers	طبقات
Leaching of Soil	غسيل التربة

Lianas	نباتات متسلقة
Lichens	أشنات (فطر)
Light Rays	أشعة ضوئية
Limestone	حجر جيرى
Liquid	سائل
Liquidity	سيولة
Lithsphere	الغلاف الصخرى
Lithosol	تربة صخرية
Littoral Zone	منطقة شاطئية ضحلة
Litter	بقايا نباتية
Loess	تربة هوائية (اللويس)
Long Shore Current	تيار طولى ممتد أمام الشاطئ
Longitudinal Dunes	كثبان رملية طولية

M

Magma	صهير نارى
Man Made	من صنع الإنسان
Mass wasting	انهيارات أرضية
Maritime	بحرى
Meadows	مروج
Meander Belt	نطاق الثنية النهرية
Meandering	انعطاف أو تثنى النهر
Meteoric Water	مياه جوية (مصدرها المطر ومظاهر التساقط)
Monsoon	الرياح الموسمية
Morains	ركامات جليدية
Mosses	حزازيات (نباتات دقيقة)

N

Near Shore	الشاطئ القريب
Normals	معدلات
Northern Hemisphere	نصف الكرة الشمالى
Nutrient	المواد الغذائية فى التربة أو فى قاع البحيرات

O

Oak	أشجار البلوط
Oases	واحات
Obliquely	بانحراف (منحرف)
Oghord dune	كثيب رملى نجمى الشكل
Open System	نظام مفتوح
Orbit	مدار (فلك)
Orbital Motion	حركة مدارية
Organic Matter	مادة عضوية
Organsms - Micro	أحياء مجهرية
Out Wash Plain	سهل رسوبى جليدى
Out Crop	مكشف الطبقات
Over Grazing	رعى جائر
Over Thrust	الرمية العلوية من الصدع
Over turned Fold	طية مقلوبة
Oxidation	تأكسد
Ox Bow Lake	بحيرة متقطعة فى السهل الفيضى

P

Particles	جزيئات المادة
Pedestal Rocks	صخور ارتكازية

Peninsula	شبه جزيرة
Percolation	تخلل المياه لمسامات التربة
Perma Forst	جليد دائم (صقيع دائم)
Permeabile Rock	صخر منفذ
Permeability	نفاذية
Pervious Rock	صخر ممرر
Pillar Like Rocky Masses	صخور فى شكل أعمدة
PH	درجة تركيز أيون الأيدروجين (درجة الحموضة)
Pinnat Pattern	نمط تصريف ريشى
Pitting	تنقير الصخر
Platform	رصيف
Playa	بلايا
Polar Region	إقليم قطبى
Polje	بولج (حوض طولى كارستى)
Porosity	مسامية الصخر
Porosus	مسامى
Pot holl	حفرة وعائية
Pot holling	حفر وعائى
Potential Energy	طاقة كامنة
Precipitation	تساقط
Preservation	حماية
Pressure	ضغط

Q

Quality	نوع (نوعية)
Quantity	كم (كمية)
Quantitative Approqach	منهج كمى
Quarrying	احتجار (تحجير)

R

Radial drainage	تصريف إشعاعى
Radiation	إشعاع
Radiant Energy	طاقة إشعاعية
Rain Drope	قطرات المطر
Recession	تراجع (تقهقر)
Rectangular	مستطيل
Reforestation	إعادة تشجير الغابة
Regolith	مفتتات صخرية على السطح
Relative	نسبى
Relics	بقايا صخرية
Reptiles	زواحف
Reindeer	حيوان الرنة
Rejuvenation	إعادة الشباب (التصابى)
Revers Fault	صدع معكوس
Ria	سواحل الريا (سواحل خليجية)
Ridge	عرق جبلى
Rift Valley	وادى أخدودى
Rip Current	تيار شقى مرتد نحو البحر
Rock Sliding	انزلاق صخرى
Rock Fall	سقوط صخرى
Rodents	قوارض

S

Saltation	قفز الحبات الصخرية
Salt Crust	القشرة الملحية
Sand Ripples	نيم الرمال

Satuation	تشبع
Scree	ركام السفوح (هشيم السفوح)
Sediments	رواسب
Sedimentary	صخر رسوبى
Semisolid State	حالة شبه صلبة (نصف صلبة)
Seifs	غرود رملية طولية (سيوف رملية)
Sinkholes	حفر فى صخور جيرية (قشعات)
Sills	جدد غائرة
Slip of slopes	سفوح الانهيار
Slip face	وجه انهيار
Smog	ضبخان
Slump	انزلاق صخرى ذو دورة خلفية
Snout	أعالى الأودية الجليدية
Soil	نربه
Spits	ألسنة متوغلة فى المياه الشاطئية
Springs	ينابيع مائية
Strata	طبقات
Stratum	طبقة
Stratigraphy	علم الطبقات
Stratus	سحب طباقية ·
Submerged	مغمور
Syncline	التواء مقعر
Subsoil	ما تحت التربة
Subarctic	دون القطبى
Subtropical	دون المدارى
Surface Roughness	خشونة السطح
Surf Zone	منطقة تكسر الأمواج

Submarine Canyon	خانق بحرى

T

Tenperature Inversion	انقلاب فى درجة الحرارة
Terminal Morains	ركامات نهائية
Terrace	مدرج
Terracing	تدريج السفوح الجبلية
Terrestrial Radiation	إشعاع أرضى
Troposphere	تروبوسفير
Thermosphere	ثرموسفير
Texture	نسيج
Thunder Storm	عاصفة رعدية
Trench	أخدود بحرى
Turbidity	اضطراب (تحرك دوامى)
Tundra	تندرا
Turnadoes	عواصف الترنادو

U

Ultra Violet Rays	أشعة فوق بنفسجية
Unconsolidated	غير متماسك
Unidirectional Wind	رياح تهب من اتجاه واحد
Under cutting	تقويض سفلى
Universe	الكون
Upfold	التواء محدب
Up slope	أعالى السفح
Up Stream	أعالى النهر
Urban Heat Island	جزيرة الحرارة بالمدينة

Vapour	**V**	بخار ماء
Velocity		سرعة الجريان
Vegitation		نبات
Vent		عنق البركان
Ventifacts		حصى هندسى
Vertical Zonation		نطاقية رأسية
Vertical Erosion		تعرية رأسية
Volcanoes		براكين
Volume		حمم
Viscousity		اللزوجة
Volcanic Eruptions		طفوح بركانية
Water Divides	**W**	مناطق تقسيم المياه
Water Fall		مسقط مائى (شلال)
Water Vapour		بخار الماء
Westrlies		الرياح الغربية (الغربيات)
Xerophytes	**X**	نباتات تتحمل الجفاف
Yarding	**Y**	ظاهرة الياردنج
Youth Stage		مرحلة الشباب

Z

Zonation	نطاقية
Zonal	نطاقى
Zonal Soil	تربة نطاقية
Zeugens	ظاهرة الزيوجين

مقاييس ومعلومات تهم الجغرافى الطبيعى

أولا المقاييس :

١ ـ الأطوال Lenghs :

١ كم = ١٠٠٠ متر = ٦٢١, من الميل = ٥٤٠, من الميل البحرى.

١ م = ١٠٠ سم = ٣٦,٤ بوصة = ٢,٢٨ من القدم = ١,٠٩ من الياردة.

١ سم = ١٠ مللم = ٣٩٤, من البوصة.

الميل البحرى = ١٨٥٣ متر.

العقدة = تعنى الميل البحرى ويستخدم لقياس سرعة السفن أو التيارات المحيطية وهى = ٨٥٣, كم / ساعة أ، ٥١٤ متر/ ثانية.

القامة = ٦ قدم = ١,٨٢٨ متر.

الميكرومتر = $\frac{١}{١٠٠٠}$ من الملليمتر.

٢ ـ المساحات :

١سم^{٢} = ١٥٥, بوصة مربعة.

١ متر مربع = ١٠,٨ قدم مربع.

١ كم^{٢} = ٣٨٦, ميل مربع.

هكتار واحد = ٢,٤٧ من الفدان = ١٠,٠٠٠م^{٢}

٣ ـ الحجوم Volumes .

١ كم^{٣} = ١٠^{٩} متر مكعب = ١٠^{١٥} سم^{٣} = ٢٤, ميل^{٣}.

١م^{٣} = ١٠,٠٠٠ لتر =٣٥,٣ قدم مكعب= ٢٦٤جالون أمريكى= ١٠^{٦} سم^{٣}

لتر واحد = ١٠,٠٠٠سم٣ = ٢٦٤, جالون أمريكى.

١ سم٣ = ٦١, بوصة مكعبة.

٤ ـ الكتلة (الوزن) **mass**

الطن المترى الواحد = ١٠^٦ كجم = ٢٢,٥ رطل.

كيلو جرام واحد = ١٠^٣ جرام = ٢,٢٠٥ رطل.

جرام واحد = ٠٣٥, من الأوقية.

٥ ـ السرعة **speed**:

المتر/ ثانية = ٢,٢٤ ميل/ ساعة = ١,٩٤ عقدة (ميل بحرى)/ ساعة.

سم/ ثانية = ٢٣, قدم/ ثانية.

٦ ـ درجة الحرارة **temperature**:

درجة الحرارة المئوية = الدرجة الفهرنهيتية - ٣٢ ÷ ١,٨.

درجة الحرارة الفهرنهيتية = ١,٨ (درجة الحرارة المئوية) × ١٠ + ٣٢

٧ ـ الطاقة **Energy** والضغط الجوي **Air Pressure**:

جرام واحد = سعر حرارى واحد Calorie وهو عبارة عن وحدة حرارية = ١ ـــ ٨٦٠ وات/ ساعة (watt/hour).

«بار» واحد = ١٠٠ ملليبار ويقصد بالبـار الوحدة الديناميكية لقوة الضغط على السنتيمتر المربع.

ثانيا : معلومات هامة

ـ قانون الطفو : ينص هذا القانون على أن الجسم المغمور فى وسط ما يفقد ظاهريا جزءا من وزنه مساويا لوزن الجزء المزاح، حيث يولد السائل ضغطا على أى شيء مغمور فيه وذلك فى جميع الاتجاهات، ولذلك نجد أن الذرات والمفتتات المغمورة فى الأنهار تفقد تقريبا ٤٠٪ من وزنها مما يسهل على النهر نقلها.

ـ الشغل Work : ينتج من قوة تتغلب على مقاومة ويمكن قياسه من خلال ضرب القوة فى مسافة تحريكها للمقاومة، فمثلا إذا تم رفع ثقل وزنه خمسة كيلوجرامات لمسافة ستة أمتار فإن من رفعه قد أدى شغلا يساوى ٥ ×٦ = ٣٠ متر ـ الكيلوجرام.

ـ الطاقة Enargy هى الكمية الكلية للعمل أو الشغل الذى يمكن أن تؤديه آلة أو رجل إلخ. وتوجد أنواع من الطاقة ذكرت فى أول الكتاب.

ـ القدرة Capacity تمثل كمية الشغل أو العمل الذى يؤدى فى وحدة زمنية معينة، فالسيارة مثلا بمحركها تولد قدرة معينة وليست طاقة.

ـ القوة Force شغل التأثير الذى ينتج عنه تعديل أو إيقاف حركة جسم صلب أو التأثير الذى ينتج عنه تغيير شكل جسم مرن ويمكن قياسها بوحدات وزن معينة.

ـ قانون بقاء كمية الحركة : ينص على أن الجسم الساكن لا يمكنه أن يتحرك بدون تأثير قوة من الخارج، والجسم المتحرك يظل متحركا بنفس السرعة وفى خط مستقيم، ما لم تؤثر عليه قوة تغير حركته، ويفسر هذا القانون على سبيل المثال استمرار تحرك الكرة إلى الأمام بعد أن تترك قدم اللاعب.

ـ الاحتكاك Friction: تمثل القوة التى تقاوم حركة الأشياء، وهناك نوعان من الاحتكاك الأول المنزلق sliding friction مثل انزلاق صندوق على سطح الأرض بحيث يحدث احتكاك بينهما مما يسبب مقاومة للحركة تعرف بالاحتكاك مما

يتطلب بذل مجهود كبير لدفع الصندوق. والنوع الثانى الاحتكاك المتدحرج rolling مثل تحريك أسطوانة على سطح الأرض، وفى هذه الحالة تكون مقاومة الاحتكاك أقل من النوع الأول، ومن ثم يتطلب جهدا أقل، ولذلك يعد اختراع العجلات منذ نحو ٥٠٠٠ سنة واحدا من أهم الابتكارات فى تاريخ الحضارات لأنها سهلت كثيرا من عمليات النقل. ولا ننس هنا أهمية مقاومة الهواء للحركة من خلال احتكاكه بالأشياء.

ـ **المرونة :** هى عبارة عن طاقة أى جسم على استعادة شكله أو حجمه الأصلى بعد زوال العامل الذى أثر عليه، ومن ثم نجد أن الغازات والسوائل مرنة تماما عكس الحال مع الأجسام الصلبة.

ـ **اللزوجة :** عبارة عن قدرة ذرات أو جزيئات السوائل على الحركة حول بعضها البعض وكلما قلت الحركة كان السائل أكثر لزوجة مثل الزيت.

ـ **انكسار الضوء :** يسمى الانحناء الذى يتعرض له الضوء عند انتقاله من الهواء إلى الماء أو العكس بالانكسار والذى يحدث عند نقطة التقاء الهواء بالماء، ويرجع ذلك إلى اختلاف الكثافة بينهما حيث تقل سرعة الضوء من انتقاله من مجال ذى كثافة أقل إلى مجال ذى كثافة أكبر وفقا لقانون سنل.

قياس الضغط الجوي : يقاس بوحدة المليبار وهى تساوى تقريبا واحدا من الألف من الضغط الجوى الواقع على مساحة قدرها سم٢ وكان يقاس سابقا بالبوصة وأعلى ضغط سجل كان ١٠٧٥ ملليبار وذلك فى سيبيريا عام ١٨٧٧ وأقل ضغط كان ٨٨٧ وقد سجل فى مركز إعصار بالمحيط الباسيفيكى، وذلك فى شهر أغسطس عام ١٩٢٧.

ـ **الكالديرا :** منخفض ضخم فى أعالى البركان يحل محل القمة التى نسفها ودمرها البركان فى أثناء أحد انفجاراته، وقد يبلغ قطر الكالديرا عشرة كيلومترات أو أكثر.

ـ تصنيف حركة الصخور :

تصنف حركة الصخور إلى أربعة أنواع :

* انزلاق على سطح منحنٍ وتكون المواد المنهارة عبارة عن صخور مفتتة وضعيفة.

* انزلاق على سطح مستو وتكون المواد المنزلقة ذات بنية ضعيفة وفى مستوى مواز لسطح الانزلاق.

* انزلاق على سطح بزاوية ثم انزلاق على سطح منطوٍ.

ـ الطاقة الحرارية الأرضية : هى طاقة إضافية موجودة تحت القشرة الأرضية وناتجة أساسا عن وجود الصخور الأرضية فى حالة منصهرة داخل ما يعرف بالماجما.

ـ التركيب الكيماوي للصهير Magma : يتكون الصهير من عناصر ومركبات كيماوية مختلفة أهمها أكسيد السيلكا الذى عندما تزيد نسبته فى الصهير فإن درجة لزوجته تزداد وبالتالى تزداد قوة انفجار البركان. كذلك يوجد فى الصهير بعض المواد الطيارة والغازية التى تعمل على تغيير الضغط الموجود داخل القشرة الأرضية، وذلك تبعا لكميتها ونوعها، ومن أهم هذه المواد بخار الماء وثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت والكلور والهيدروجين وغيرها.

ـ الإشعاع الذرى وأثره فى انصهار المواد أسفل قشرة الأرض :

ينتج عن عمليات تحلل نظائر العناصر المشعة مثل : اليورانيوم والثوريوم التى تتميز بوجودها فى حالة غير مستقرة مما يجعلها تتفكك فتنبعث منها جسيمات نووية إشعاعية كهرومغناطيسية تحمل طاقة هائلة تختزنها فى المادة المحيطة فى شكل حرارة تعمل على تسخين الصخور فى باطن الأرض مما يؤدى إلى انصهارها.

ـ الموجات الكهرومغناطيسية : تتولد موجات كهرومغناطيسية تختلف فى طولها وتتماثل فى سرعتها وهى سرعة الضوء، بالنسبة لأطوالها فتقاس بالميكروميتر أو يستخدم فى قياسها وحدات النانو متر، وتنقسم الأشعة الكهرومغناطيسية إلى أحزمة أو نطاقات حسب طول موجاتها وتقاس تردداتها بوحدة الهيرتز.

- **الطيف الكهرومغناطيسى :** هو نطاق متصل من الموجات الكهرومغناطيسية ذات الأطوال المختلفة التى تبدأ من موجات قصيرة وترددات عالية إلى موجات طويلة جدا وترددات منخفضة وتختلف الطاقة المنعكسة أو المنبعثة من الأجسام من حيث ترددها وأطوال موجاتها.

- **الانتقال الإشعاعى :** يقصد به مرور الإشعاع خلال المادة.

- **الامتصاص الإشعاعى :** يشبه تماما استخدام الحرارة فى تسخين المادة.

- **الانبعاث** Emition : يرتبط بدرجة حرارة المادة، حيث إن كل مادة تزيد درجة حرارتها عن الصفر المطلق تبعث الطاقة.

- **الاستشعار عن بعد** Remote Sensing : عبارة عن جمع معلومات عن الظاهرات الأرضية أو القريبة منها دون الاحتكاك المباشر بها.

- **الراديومتر :** جهاز تقاس به الطاقة المشعة بالأرقام وخاصة الإشعاع الحرارى.

- **الجلمود :** قطعة صخرية أكبر حجما من ٦٤ ملم.

- **المسامية :** تمثل النسبة بين حجم الفراغات بالصخر والحجم الكلى للعينة الصخرية، ويمكن حسابها من خلال قياس حجم الماء الذى تمتلئ به الفراغات، ويتمثل فى وزن العينة مشبعة بالماء ناقص وزنها وهى جافة ثم نقسم حجم الناتج على حجم العينة الكلية × ١٠٠ نحصل على النسبة المئوية للمسامية.

- **الامتصاص :** عندما تغمر عينة صخرية فى ماء فإن ما بها من فجوات لا تمتص جمعها الماء بسبب وجود الهواء محبوسا فى عدد منها، وتعرف النسبة المئوية بين حجم العينة الصخرية وحجم الماء الممتص بالنسبة المئوية للامتصاص.

- **الإجهادات** Stresses :

توجد ثلاثة نواع من الإجهادات تتمثل فيما يلى :

أ ـ إجهادات الضـغط وتنتج عن الضغط على الصخور فى مـحاولة لإنقاص حجمه.

ب ـ إجهادات القص Shear Stresses : وتعنى الإجهـادات التى تدفع أو تحرك جزءا من الصخر بالنسبة لجزء آخر.

جـ ـ إجهادات الشد وهى تلك الإجهادات الناتجة عن الشد والتى ينتج عنها شقوق وصدوع بالصخر، وللصخور بجميع أنواعها قوة تحمل للضغوط المختلفة تسمى القوة الضغطية وأيضا قوة تحمل لإجهادات القص تسمى القوة القـاصة وثالثة ضـعيفـة خاصة بإجـهادات الشد تكاد تكون غـير مـوجودة (للدراسـة التفـصيليـة يراجع فخـرى موسى وزمـلاؤه، ص ١٠٨).

ـ **الفواصل الصخرية** Joints : تظهر فى الصخور فى اتجاهات مختلفة، وهذه الاتجاهات لـها علاقـة واضحـة مع مستـوى التطابق أو مع خطوط انسـياب الصخـر أثناء تكونه، والأخيرة تحـدد فى الصخور النارية باتجـاه البلورات، ويوجد فى الصخور الرسـوبية عادة نوعان من الفواصل المتعـامدة وتوجد فى النارية ثلاثة أنواع من الفواصل.

ـ **انتفاش (انتـفاخ) الصلصال** : يرجع انتفاش الصلصال إلى مـجموعة من الأسباب مثل رد الفـعل المرن وقدرة بعض أنواعه على امتصاص الميـاه والاحتفاظ بها مما يؤدى إلى زيادة حجمها مثل الكاولين الذى ينتفخ بنسبة ٨٠٪، ويؤدى ذلك إلى ضغط هذه التكوينات على الصخور المجـاورة مما يؤدى إلى انزلاقها أو انهيارها مثلما حدث فى هضبة المقطم، ويستخدم جهاز يسمى مقياس شدة التماسك لتعيين مقـدار انتفاش الصلصال، وهو عـبارة عن حلقة توضع فـيها عينة صلصـالية بين حجرين مساميـين الأسفل غير قابل للحركة بينما يمكن تتبع وتـسجيل تحرك الحجر الأعلى (راجع بالتفصيل فخرى موسى وزملاءه، ص ٢٠٩).

المراجع

أولا : المراجع العربية :

(١) أحمد أحمد مصطفى، ١٩٨٨، الخرائط الجيولوجية للجغرافيين والكارتوروجرافيين، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

(٢) خالد رمضان محمد (١٩٨٤) دراسة التربة فى الحقل، دمشق.

(٣) سباركس، ب، و ١٩٨٣، الجيومورفولوجيا، ترجمة ليلى عثمان، دار الأنجلو المصرية، القاهرة.

(٤) عبد الحميد أحمد كليو، ١٩٨٩، خبرات الكويت، جامعة الكويت.

(٥) عبد العزيز طريح شرف، ١٩٨٦، جغرافية البحار، الرياض.

(٦) على حسن موسى، ١٩٩٠، الزلازل والبراكين، دمشق.

(٧) فخرى منسى وآخرون، ١٩٦٨، الجيولوجيا الهندسية، القاهرة.

(٨) محمد صبرى محسوب سليم، ١٩٨٣، الظاهرات الجيومورفولوجية دراسة تحليلية، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.

(٩) ______، ١٩٨٤، العمليات الهوائية ودور التجارب المعملية والقياسات الحقلية فى تفهمها، المجلة الجغرافية العربية، العدد ١٦، القاهرة.

(١٠) ______، ١٩٩١، جيومورفولوجية السواحل، القاهرة.

(١١) ______، ١٩٩٢، صحراء مصر الغربية دراسة فى الجغرافيا الطبيعية، القاهرة.

(١٢) محمد صبرى محسوب ومحمود دياب راضى، ١٩٨٥، العمليات الجيومورفولوجية، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.

(١٣) محمد صفى الدين أبو العز، ١٩٧١، جيومورفولوجية قشرة الأرض، دار النهضة العربية، بيروت.

(١٤) نبيل إمبابى ومحمود عاشـور، ١٩٨٣ ، الكثبان الرملية فى شبه جزيرة قطر، جزءين، الدوحة، قطر.

(١٥) هيثر، ١٩٨٨ ، الألواح الجيولوجية ونظمـها التكتونية، تعريب وتعليق حسن أبو العينين، الطبعة الأولى، جامعة الكويت.

(١٦) يوسف فايد، ١٩٧٣ ، جغرافية المناخ والنبات، دار النهضة العربية، القاهرة.

(١٧) يوسف فايد ومحمد صبرى محسوب، ١٩٩٢ ، جغرافية البحار والمحيطات، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.

ثانيا : المراجع الأجنبية :

- Allison, I, and Palmer, D. (1980) Geology, New York.
- Bagnold, R.A., the physics Geography, London.1991.
- Cain, H.R., 1961, physical Geography, London.
- Clark, H and Small, J. (1982), Slopes and Weathering,London.
- Cooke, R.U and Warren, (1973) Geomorphology in Desert, Bats Ford.
- Derbyshire, Eetal (1979) Geomorphological processes, London.
- Gardner, J, (1977) Physical Geography, New York.
- Holmes, A. (1964) Principles of Physical Geology, London.
- Jackson, J and Evans, E, (1973), Spaceship Earth (Earth Science) Boston.
- Knapp, B. etal, (1989) Challenge of the Natural Environment, London.
- Newson, MD and Hanwell, HD, (1982) Systematic Physical Geography, London.
- Statham, I, (1979), Earth Surface Sediment transport, Oxford.
- Warren, A (1979) "Aeolean Processes" in Processes in Geomorphology Edited by Embleton and thornes, London.
- White, L. D, etal, (1984), Environmental Systems (An Introductory Text, London.
- Wilcock, D, (1983) Physical Geography.

هذا الكتاب

يتناول الجوانب الجغرافية الطبيعية بالدراسة الوصفية التحليلية المدعومة بوسائل المعالجة الحديثة.

وكان لما لمسه المؤلف من نقص واضح فى المكتبة الجغرافية العربية فى مثل هذه النوعية من الدراسة التى تعطى طالب الجغرافيا أسسا علمية متقدمة فى مجال الجغرافيا الطبيعية يبنى عليها قدراته العلمية فى دراسته المتخصصة فى كل المجالات الجغرافية الطبيعية.

ويناقش هذا الكتاب فى فصوله الستة: معالجة مفهوم الطاقة والنظام وأهمية دراستهما بالنسبة للجغرافيا الطبيعية، مع تأكيد ذلك من خلال عرض أمثلة لأشكال تحول الطاقة والأنواع منها التى ترتبط بالعمليات الطبيعية فى الجغرافيا، وكذلك يهتم بتحديد مفاهيم النظم وخصائصها وأنواعها مع الإشارة إلى أمثلة من النظم الجغرافية الطبيعية.

كما يناقش دراسة الغلاف الغازى من خلال دراسة تركيب الأرض الداخلى ودراسة صخور القشرة الأرضية بأنواعها المختلفة ومعالجة الحركات التكتونية من حيث طبيعتها وأسبابها والظاهرات الناتجة عنها مع الاهتمام بدراسة نظرية الألواح التكتونية لما لها من أهمية فى تفسير العديد من أشكال سطح الأرض البنائية.

وأيضا تناول الكتاب عوامل تشكيل سطح الأرض والعمليات المرتبطة بها والأشكال الناتجة عنها مثل : التجوية والعمليات المرتبطة بتطور السفوح والأنهار وعملها الجيومورفولوجى، والعمليات الهوائية وما يرتبط بها من أشكال.

كذلك تعرض الكتاب لدراسة ميزان الطاقة الأرضية وانتقال الحرارة من خط الاستواء إلى القطبين، وعلاقة اليابس والماء بالطاقة الإشعاعية، وأثر الإنسان على الميزان الحرارى، ودراسة الرطوبة فى الجو والرياح وما يرتبط بها من ظاهرات جوية وكذا دراسة مناخ العالم.

ويعرض الكتاب دراسة الغلاف المائى فى كل من المحيطات والغطاءات الجليدية والمياه الجوفية.

وفى نهاية هذا الكتاب تناول بالدراسة الغلاف الحيوى من خلال تعريفه ودراسة تفصيلية نوعا ما لعناصره الرئيسية فى دوراتها بسطح الأرض، وهى الكربون والماء والأكسوجين، ويتناول أيضا بالدراسة نظم البيئة.

ويتضمن الكتاب عددا من الخرائط والأشكال، كما تمت إضافة قائمة ببعض مصطلحات الجغرافيا الطبيعية وبعض المقاييس والمعلومات الهامة.

ونأمل أن يكون هذا الكتاب قد أضاف جديدا إلى المكتبة الجغرافية العربية.

تطلب جميع منشوراتنا من وكيلنا الوحيد بدولة الكويت

دار الكتاب الحديث